

明細書

クローポール型モータのステータ

技術分野

[0001] 本発明は、軸線方向に並置した複数のティース間に形成された複数のスロットに、軸線に直交する平面内で巻回された複数の巻線を収納したクローポール型モータのステータに関する。

背景技術

[0002] この種のクローポール型モータのステータは、下記特許文献1により公知である。このものは、U相、V相およびW相の各相に対応して3個の単位ステータを備えており、各々の単位ステータは軸線方向に離間した2個のティースと、それらのティースを径方向外端で接続するリターンパスとを有して断面コ字状に形成されている。そして断面コ字状の単位ステータの内部に収納した環状の巻線に通電して独立した磁路を構成することで、その2個のティースの径方向内端にロータに対向するように突設した極性の異なる2種類の突起を磁化するようになっている。

特許文献1: 日本特開平7-227075号

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] ところで上記従来のものは、U相、V相およびW相の3個の単位ステータを軸線方向に積み重ねてステータを構成しているが、各々の単位ステータが、その内部に巻線を収納する環状のスロットを備え、かつ2個のティースおよび2種類の突起を備えているために軸線方向の厚さが厚くなり、それらの単位ステータを3個積み重ねたステータの軸線方向の寸法が大型化する問題があった。しかも各相の単位ステータの磁路が独立しているため、それらの磁路を有効に利用できないという問題があった。

[0004] 特に、この種のモータをハイブリッド車両のエンジンとトランスマッisionとの間に配置する場合、その厚さを極力薄くすることが望まれるが、上記従来のものはステータが厚くなるためにその要望に応えることが困難であった。

[0005] 本発明は前述の事情に鑑みてなされたもので、クローポール型モータの出力トルク

を確保しながらステータの軸線方向の厚さを極力薄くすることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 上記目的を達成するために、本発明の第1の特徴によれば、 m を2以上の自然数として軸線方向に交互に配置された $2m$ 個のティースおよび $2m-1$ 個のスロットと、各ティースを相互に接続するリターンパスと、各スロットに収納された巻線とを備え、互いに m だけ離れたスロットに収納された巻線は励磁方向が逆になるように直列接続され、各ティースを通過する磁束の位相は、 $N=2m$ として各々 $360^\circ/N$ ずつずれているクローポール型モータのステータが提案される。
- [0007] また本発明の第2の特徴によれば、 m を2以上の自然数として軸線方向に交互に配置された $2m+1$ 個のティースおよび $2m$ 個のスロットと、各ティースを相互に接続するリターンパスと、各スロットに収納された巻線とを備え、互いに m だけ離れたスロットに収納された巻線は励磁方向が逆になるように直列接続され、各ティースを通過する磁束の位相は、 $N=2m$ として各々 $360^\circ/N$ ずつずれており、1番目のティースおよび $2m+1$ 番目のティースを通過する磁束は同位相でその他のティースを通過する磁束の2分の1となるクローポール型モータのステータが提案される。
- [0008] また本発明の第3の特徴によれば、上記第1または第2の特徴に加えて、 K を2以上の自然数として $N=2Km$ のとき、連続して配置された K 個の巻線を直列接続したクローポール型モータのステータが提案される。
- [0009] また本発明の第4の特徴によれば、上記第1または第2の特徴に加えて、前記各ティースは、 $360^\circ/N$ ずつ位相がずれた突起を有するクローポール型モータのステータが提案される。
- [0010] また本発明の第5の特徴によれば、上記第4の特徴に加えて、前記突起は、ロータの外周面に沿って軸線方向に延びるクローポール型モータのステータが提案される。
- [0011] また本発明の第6の特徴によれば、上記第1または第2の特徴に加えて、前記各ティースは、磁極の位相が $360^\circ/N$ ずつずれたロータに対して、同一位相の突起を有するクローポール型モータのステータが提案される。
- [0012] また本発明の第7の特徴によれば、上記第2の特徴に加えて、1番目のティースお

より $2m+1$ 番目のティースは、ロータの外周面に沿って軸線方向に延びる同じ長さの突起を有するクローポール型モータのステータが提案される。

- [0013] また本発明の第8の特徴によれば、上記第1または第2の特徴に加えて、前記ステータは冷却構造を備えるクローポール型モータのステータが提案される。
- [0014] また本発明の第9の特徴によれば、上記第8の特徴に加えて、前記冷却構造は、ステータの内部および周辺部の少なくとも一方に設けられるクローポール型モータのステータが提案される。
- [0015] また本発明の第10の特徴によれば、上記第9の特徴に加えて、前記ステータの周辺部に設けられた冷却構造は、少なくとも一つの凹部、少なくとも一つの凸部あるいは複数の冷却フィンからなるクローポール型モータのステータが提案される。
- [0016] また本発明の第11の特徴によれば、上記第9の特徴に加えて、前記ステータの内部に設けられた冷却構造は、少なくとも一つの冷却空間を持つクローポール型モータのステータが提案される。
- [0017] また本発明の第12の特徴によれば、上記第11の特徴に加えて、前記冷却空間は、ステータと該ステータのホルダとの協働により構成されるクローポール型モータのステータが提案される。
- [0018] また本発明の第13の特徴によれば、上記第11の特徴に加えて、前記冷却空間は、ステータと、該ステータのホルダと、ステータおよびホルダに挟まれた補強リングとの協働により構成されるクローポール型モータのステータが提案される。
- [0019] また本発明の第14の特徴によれば、上記第8の特徴に加えて、前記冷却構造は、冷却水および冷却風の少なくとも一方によりステータを冷却するクローポール型モータのステータが提案される。

発明の効果

- [0020] 第1の特徴によれば、 $2m$ 個のティースおよび $2m-1$ 個のスロットを軸線方向に交互に配置し、各スロットに収納された巻線のうちの互いに m だけ離れたスロットの巻線を励磁方向が逆になるように直列接続し、各ティースを通過する磁束の位相を各々 $360^\circ / N$ ずつずらしたので、トルクに寄与しない巻線部分(渡り部分)を廃止し、かつ各相の磁路をリターンパスを介して共用化することにより薄型で高出力のモータを得

ることができ、しかも波巻モータの磁気回路が構成されるので、突極集中巻モータに比べて出力トルクを増加させることができる。

- [0021] 第2の特徴によれば、 $2m+1$ 個のティースおよび $2m$ 個のスロットを軸線方向に交互に配置し、各スロットに収納された巻線のうちの互いに m だけ離れたスロットの巻線を励磁方向が逆になるように直列接続し、各ティースを通過する磁束の位相を各々 $360^\circ/N$ ずつずらし、1番目のティースおよび $2m+1$ 番目のティースを通過する磁束を同位相でその他のティースを通過する磁束の2分の1としたので、トルクに寄与しない巻線部分(渡り部分)を廃止し、かつ各相の磁路をリターンパスを介して共用化することにより薄型で高出力のモータを得ることができ、しかも波巻モータの磁気回路が構成されるので、突極集中巻モータに比べて出力トルクを増加させることができる。
- [0022] 第3の特徴によれば、 K を2以上の自然数として $N=2Km$ のとき、連続して配置された K 個の巻線を直列接続したので、分布巻の起磁力分布を実現してトルクリップルおよび鉄損を低減することができる。
- [0023] 第4の特徴によれば、各ティースが $360^\circ/N$ ずつ位相がずれた突起を有するので、ロータの磁極の位相を揃えて構造を簡素化するとともに、突起とロータとのエアギャップを小さくしてロータの出力トルクを増加させることができる。
- [0024] 第5の特徴によれば、突起がロータの外周面に沿って軸線方向に延びているので、ロータが発生する磁束を有效地に利用して出力トルクを増加させることができる。
- [0025] 第6の特徴によれば、磁極の位相が $360^\circ/N$ ずつずれたロータに対して、各ティースが同一位相の突起を有するので、ステータの突起の位相を揃えて構造を簡素化するとともに、突起とロータとのエアギャップを小さくしてロータの出力トルクを増加させることができる。
- [0026] 第7の特徴によれば、1番目のティースおよび $2m+1$ 番目のティースがロータの外周面に沿って軸線方向に延びる同じ長さの突起を有するので、1番目のティースおよび $2m+1$ 番目のティースを通過する磁束の総和を、他のティースをそれぞれ通過する磁束と均一化することができる。
- [0027] 第8の特徴によれば、ステータが冷却構造を備えているので、モータの運転時にコイルの発熱による温度上昇を防止することができる。

- [0028] 第9の特徴によれば、ステータの内部および周辺部の少なくとも一方に冷却構造を設けたので、ステータを効果的に冷却することができる。
- [0029] 第10の特徴によれば、ステータの周辺部の冷却構造を凹部、凸部あるいは複数の冷却フィンで構成したので、冷媒とステータとの接触面積を増加させて冷却効果を高めることができる。
- [0030] 第11の特徴によれば、ステータの内部の冷却構造を冷却空間で構成したので、冷却空間に冷媒を流してステータの冷却効果を高めることができる。
- [0031] 第12の特徴によれば、ステータとホルダとの協働により冷却空間を構成したので、ステータの強度を損なうことなく大容積の冷却空間を形成することができる。
- [0032] 第13の特徴によれば、ステータと、ホルダと、ステータおよびホルダに挟まれた補強リングとの協働により冷却空間を構成したので、ステータの強度を損なうことなく大容積の冷却空間を形成することができるだけでなく、補強リングでステータを効果的に補強することができる。
- [0033] 第14の特徴によれば、冷却水または冷却風でステータを冷却するので、特別な冷媒が不要になってコストダウンが可能である。
- [0034] 本発明における上記、その他の目的、特徴および利点は、添付の図面に沿って以下に詳述する好適な実施例の説明から明らかとなろう。

図面の簡単な説明

- [0035] [図1]図1はクローポール型モータを備えたハイブリッド車両のパワーユニットを示す図である。(実施例1)
 - [図2]図2は図1の2-2線拡大断面図である。(実施例1)
 - [図3]図3は図2の3-3線断面図である。(実施例1)
 - [図4]図4は図2の4-4線断面図である。(実施例1)
 - [図5]図5は図2の5-5線断面図である。(実施例1)
 - [図6]図6は図2の6-6線断面図である。(実施例1)
 - [図7]図7はステータおよびロータの一部破断斜視図である。(実施例1)
 - [図8]図8はステータおよびロータの分解斜視図である。(実施例1)
 - [図9]図9はm相波巻クローポール型モータの等価回路図である。(実施例1)

[図10]図10は2相クローポール型モータのステータおよびロータの一部破断斜視図である。(実施例2)

[図11]図11はステータおよびロータの分解斜視図である。(実施例2)

[図12]図12は図10の12-12線断面図である。(実施例2)

[図13A]図13Aは本発明の第3実施例の2相クローポール型モータのステータおよびロータの模式図である。(実施例3)

[図13B]図13Bは本発明の第3実施例の2相クローポール型モータのステータおよびロータの模式図である。(実施例3)

[図14]図14は2相クローポール型モータのステータおよびロータの一部破断斜視図である。(実施例4)

[図15]図15はステータおよびロータの分解斜視図である。(実施例4)、

[図16]図16は図14の16-16線断面図である。(実施例4)

[図17]図17はm相波巻クローポール型モータの等価回路図である。(実施例4)

[図18]図18は2相クローポール型モータのステータおよびロータの一部破断斜視図である。(実施例5)

[図19]図19はステータおよびロータの分解斜視図である。(実施例5)

[図20]図20は図18の20-20線断面図である。(実施例5)

[図21A]図21Aは本発明の第6実施例の2相クローポール型モータのステータおよびロータの模式図である。(実施例6)

[図21B]図21Bは本発明の第6実施例の2相クローポール型モータのステータおよびロータの模式図である。(実施例6)

[図22]図22は短節集中巻(突極集中巻)の巻線分布を示す図である。

[図23A]図23Aは短節集中巻(突極集中巻)の巻線の起電力の説明図である。

[図23B]図23Bは短節集中巻(突極集中巻)の巻線の起電力の説明図である。

[図24]図24は全節集中巻(波巻)の巻線分布を示す図である。

[図25A]図25Aは全節集中巻(波巻)の巻線の起電力の説明図である。

[図25B]図25Bは全節集中巻(波巻)の巻線の起電力の説明図である。

[図26A]図26Aは集中巻の起磁力分布の説明図である。

[図26B]図26Bは分布巻の起磁力分布の説明図である。

[図27A]図27Aはm相波巻モータの等価回路図である。

[図27B]図27Bはm相波巻モータの等価回路図である。

[図28A]図28Aは冷媒通路の他の実施例を示す図である。

[図28B]図28Bは冷媒通路の他の実施例を示す図である。

[図29A]図29Aは冷媒通路の更に他の実施例を示す図である。

[図29B]図29Bは冷媒通路の更に他の実施例を示す図である。

[図29C]図29Cは冷媒通路の更に他の実施例を示す図である。

[図29D]図29Dは冷媒通路の更に他の実施例を示す図である。

[図30A]図30Aは冷却フィンを備えた実施例を示す図である。

[図30B]図30Bは冷却フィンを備えた実施例を示す図である。

[図30C]図30Cは冷却フィンを備えた実施例を示す図である。

符号の説明

- [0036] 17 ロータ
 - 31a リターンパス
 - 31b ティース
 - 31c 突起
 - 32a リターンパス
 - 32b ティース
 - 32c 突起
 - 33a リターンパス
 - 33b ティース
 - 33c 突起
 - 34a リターンパス
 - 34b ティース
 - 34c 突起
 - 35a リターンパス
 - 35b ティース

35c	突起
36	巻線
37	巻線
38	巻線
39	巻線
41	スロット
42	スロット
43	スロット
44	スロット
52	補強リング
F	冷却フィン
J	冷媒通路
L	軸線

発明を実施するための最良の形態

[0037] 以下、本発明の第1実施例を図1～図9、図27Aおよび図27Bに基づいて説明する。

実施例 1

[0038] 図27Aは、従来の一般的なm相波巻モータの磁気回路を示すものである。mは2以上の自然数であり、各相の巻線はm個ずれたスロットを励磁方向が逆方向になるように波状に通過している。この場合、k相目 ($1 \leq k \leq m$) の巻線の鎖交磁束は、 $\phi_k - \phi_{k+m}$ で表される。

[0039] 図9(A)、(B)は、上述した一般的なm相波巻モータを軸線方向に展開し、2m個のティースと2m-1個のスロットとを設けたm相波巻クローポール型モータの磁気回路を示しており、この場合も各相の鎖交磁束は変化しないことが分かる。即ち、k相目 ($1 \leq k \leq m-1$) の巻線の鎖交磁束は、 $\phi_k - \phi_{2m} - (\phi_{k+m} - \phi_{2m}) = \phi_k - \phi_{k+m}$ となり、図27Aのものと一致する。またm相目以外の巻線はそれぞれ2スロット分ずつ存在するのに対し、m相目の巻線は1スロット分だけしか存在しない。

[0040] 以上の構成をまとめると、2m個のティースと2m-1個のスロットとを軸線方向に交

互に配置し、相互に m だけ離れたスロットに収納された巻線を励磁方向が逆になるように直列接続し、かつ各ティースを通過するロータ磁束を $360^\circ / 2m$ ずつずらした構成により、図27Aに示す一般的な m 相波巻クローポール型モータと等価な磁気回路を構成することができる。尚、 $N = 2 \cdot K \cdot m$ (K は2以上の自然数)のとき、連続して配置された K 個の巻線を直列接続した構造(分布巻)としても、同様にして等価な磁気回路を構成することができる。

- [0041] 図1に示すように、ハイブリッド車両のパワーユニットは、エンジンEおよびトランスマッショント間に配置された2相波巻クローポール型のモータMを備える。エンジンEのシリンダブロック11およびクランクケース12の右側面にモータケース13、トルクコンバータケース14およびミッションケース15が結合されており、シリンダブロック11およびクランクケース12間に支持されたクランクシャフト16の軸端にモータMのロータ17が固定される。ロータ17の外周に固定した複数の永久磁石18…に環状のステータ19が所定のエアギャップを介して対向しており、ステータ19を支持するステータホルダ20がシリンダブロック11およびクランクケース12とモータケース13との割り面に挟まれて固定される。
- [0042] トルクコンバータケース14に収納されたトルクコンバータ21は、タービンランナー22とポンプインペラ23とを備えており、タービンランナー22に結合されてポンプインペラ23を覆うサイドカバー24がドライブプレート25を介してモータMのロータ17に接続される。トルクコンバータ14のポンプインペラ23は、ミッションケース15に支持されたメインシャフト26の左端に結合される。
- [0043] 次に、図2～図8を参照して二相波巻クローポール型のモータMのステータ19の構造を説明する。
- [0044] 図8から明らかなように、ステータ19は圧粉材で一体成形された第1ステータリング31、第2ステータリング32、第3ステータリング33および第4ステータリング34と、 A^+ 相巻線36、 B^+ 相巻線37および A^- 相巻線38とを備える。第1ステータリング31～第4ステータリング34は軸線L方向に重ね合わされる。
- [0045] 図3、図7および図8から明らかなように、第1ステータリング31は、環状に形成されたリターンパス31aと、このリターンパス31aの周方向等間隔位置から径方向内向き

に延びる9個のティース31b…と、これらのティース31b…の径方向内端から更に径方向内向きに延びる9個の突起31c…とを備える。そして各々の突起31cの径方向内端は、L字状に屈曲してテーパーしながら軸線L方向片側に延びている。ティース31bは巻線36, 37, 38の径方向の高さに対応する部分であり、それよりも径方向内側の部分は突起31cとなる。

- [0046] 図4、図7および図8から明らかなように、第2ステータリング32は、環状に形成されたリターンパス32aと、このリターンパス32aの周方向等間隔位置から径方向内向きに延びる9個のティース32b…と、これらのティース32b…の径方向内端から更に径方向内向きに延びる9個の突起32c…とを備える。そして各々の突起32cの径方向内端は、非対称なT字状をなしてテーパーしながら軸線L方向両側に延びている。ティース32bは巻線36, 37, 38の径方向の高さに対応する部分であり、それよりも径方向内側の部分は突起32cとなる。
- [0047] 図5、図7および図8から明らかなように、第3ステータリング33は第2ステータリング32と鏡面対称な部材であり、かつ裏返すことで第2ステータリング32と互換可能な同一形状を有している。第3ステータリング33の各部の符号は、第2ステータリング32の各部の符号の「32」を「33」に変更したものである。
- [0048] 図6、図7および図8から明らかなように、第4ステータリング34は第1ステータリング31と鏡面対称な部材であり、かつ裏返すことで第1ステータリング31と互換可能な同一形状を有している。第4ステータリング34の各部の符号は、第1ステータリング31の各部の符号の「31」を「34」に変更したものである。
- [0049] 本実施例のモータMは二相交流で作動するものであり、A⁺相、B⁺相、A⁻相およびB⁻相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…は電気角で $360^\circ / 4 = 90^\circ$ ずつ周方向にずれて配置される。それに対してロータ17の各永久磁石18はA⁺相、B⁺相、A⁻相およびB⁻相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…に対して共用されていて同一位相の磁束を発生する。これにより各相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…はロータ17に均一な出力トルクを発生させることができる。
- [0050] 図3～図7から明らかなように、A⁺相の9個の突起31c…、B⁺相の9個の突起32c…、A⁻相の9個の突起33c…およびB⁻相の9個の突起34c…がロータ17に対向す

る面は略長方形の同一形状をなし、ステータ19の内周面に沿って円周方向に順番に配置される。これらの突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…の軸線L方向の幅は、ロータ17の永久磁石18…の軸線L方向の幅に略等しくなっているため、ステータ19およびロータ17間の鎖交磁束を最大限に増加させてロータ17の出力トルクを増加させることができる。しかも各永久磁石18はA⁺相、B⁺相、A⁻相およびB⁻相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…に対して共用されるので、各相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…に対応して永久磁石18…を軸線L方向に分割する必要をなくし、永久磁石18…の個数を削減することができる。

- [0051] 第1ステータリング31のティース31b…と第2ステータリング32のティース32b…との間に環状のスロット41が形成されており、このスロット41に予め巻回されたA⁺相巻線36が収納される。また第2ステータリング32のティース32b…と第3ステータリング33のティース33b…との間に環状のスロット42が形成されており、このスロット42に予め巻回されたB⁺相巻線37が収納される。また第3ステータリング33のティース33b…と第4ステータリング34のティース34b…との間に環状のスロット43が形成されており、このスロット43に予め巻回されたA⁻相巻線38が収納される。
- [0052] このように、第1ステータリング31～第4ステータリング34の間に形成された3個のスロット41, 42, 43に3個の巻線36, 37, 38を挟んで固定たので、各巻線36, 37, 38を固定するための特別の固定部材が不要になる。しかも各巻線36, 37, 38はスロット41, 42, 43の内部に収納されて外部部品と干渉する虞がないため、外部部品の寸法管理が容易になる。
- [0053] 各々の巻線36, 37, 38は長方形断面の平角線を導線とするもので、径方向に4層に巻回され、軸線L方向に2層に巻回される。そしてA⁺相巻線36およびB⁺相巻線37の起磁力の方向は同方向になるように設定され、かつA⁻相巻線38の起磁力の方向は逆方向になるように設定される。
- [0054] しかして、A⁺相およびA⁻相巻線36, 38と、B⁺相巻線37とに2相交流電流を供給することで、ステータ19の内周面に順番に配置されたA⁺相の突起31c…、B⁺相の突起32c…、A⁻相の突起33c…およびB⁻相の突起34c…に回転磁界を形成し、永久磁石18…との間に発生する磁力でロータ17を回転駆動することができる。

[0055] 以上のように、A'相巻線36、B'相巻線37およびA-相巻線38が軸線Lを円筒状に囲むように配置される出力トルクに寄与しない巻線部分(渡り部分)を廃止し、かつ各相の磁路を共用化することにより、第1ステータリング31～第4ステータリング34を有効に利用して小型で高出力のモータMを得ることができ、特にモータMの薄型化を図ることで、エンジンEおよびトランスミッションT間の狭い空間に容易に配置することができる。

[0056] 次にモータMのステータ19の冷却構造について説明する。

[0057] 本実施例の第1～第4ステータリング31～34は圧粉磁性材により構成される。即ち、ヘガネス社製の鉄系合金の磁性材粉末の表面を無機質材の皮膜で覆った圧粉材を金型で所定の形状にプレス成形し、それにサイジング処理を施して形状を整えた後に熱硬化処理することで第1～第4ステータリング31～34を製造する。このように、圧粉磁性材を用いることで、複雑な形状の第1～第4ステータリング31～34を容易に製造することができる。

[0058] ステータ19の第1～第4ステータリング31～34の各々の外周部には、その圧粉成形時に中子を用いて環状の冷媒通路J…が形成されており、これらの冷媒通路J…に冷媒としの冷却水や冷却風を流通させることにより、A+相巻線36、B+相巻線37およびA-相巻線38の発熱による温度上昇を抑制している。ステータ19の第1～第4ステータリング31～34の内部に冷媒通路J…を設けたのでステータ19の外形に影響がなく、ステータホルダ20によるステータ19の保持に支障を来すことがない。またステータ19の内部に直接冷媒通路J…を設けたので、冷媒による冷却効果が充分に確保されるとともに冷媒の漏れが防止され、しかもステータ19の保持方法の自由度を増加させることができる。

[0059] 次に、図10～図12に基づいて本発明の第2実施例を説明する。

実施例 2

[0060] 第1実施例のステータ19のA+相、B+相、A-相およびB-相のティース31b…, 32b…, 33b…, 34b…は周方向に位相をずらして配置されており、それらのティース31b…, 32b…, 33b…, 34b…の径方向内端から軸線L方向に延びる突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…は、ステータ19の軸線L方向の厚さと同じ幅を有している。そし

てロータ17の永久磁石18…の幅は突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…の幅と同じであり、各々の相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…に対して共有されている。

- [0061] それに対して第2実施例のステータ19のA⁺相、B⁺相、A⁻相およびB⁻相のティース31b…, 32b…, 33b…, 34b…は同一位相に配置されており、ティース31b…, 32b…, 33b…, 34b…から径方向内側に略同じ太さで延びる突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…も同一位相に配置されている。一方、ロータ17の外周に配置される永久磁石18…は各相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…に対応して軸線L方向に4段に配置されており、かつ周方向に電気角で $360^\circ / 2m = 90^\circ$ ずつ位相をずらして配置される。A⁺相、B⁺相およびA⁻相の巻線36, 37, 38の構造は第1実施例と同じである。
- [0062] この第2実施例によっても上述した第1実施例と同様にステータ19の軸線L方向の厚さを薄くすることができるが、永久磁石18…が4段に分割される分だけ部品点数が増加し、また各々の相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…が永久磁石18…に向ける面積が小さくなる分だけロータ17の出力トルクが減少する。しかしながら、ステータ19の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…の位相を揃えることができるので、ステータ19の構造を簡素化することができる。
- [0063] 次に、図13Aおよび図13Bに基づいて本発明の第3実施例を説明する。

実施例 3

- [0064] 第3実施例は上述した第2実施例の変形であって、第2実施例では各相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…の位相を揃えて、各相の永久磁石18…の位相を $360^\circ / 2m = 90^\circ$ ずつずらしているのに対し、第3実施例では各相の突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…の位相を $360^\circ / 2m = 90^\circ$ ずらして、各相の永久磁石18…の位相を揃えたものである。この第3実施例によっても第2実施例と同様の作用効果を達成することができる。尚、永久磁石18…を4段に分割せず、第1実施例のロータ19と同じ永久磁石18…を採用すれば部品点数を削減することができる。
- [0065] さて図27Aに示す従来の一般的なm相波巻モータの磁気回路を、図27Bに示すように円周方向に分割すると、その分割面に磁束 ϕ_0 が発生する。図27Bの分割した磁気回路を図17(A)、(B)のように軸線方向に展開すると、 $2m+1$ 個のティースと2

m 個のスロットとを有する m 相波巻クローポール型モータの磁気回路が得られ、そのバックヨーク部を磁束 ϕ_0 が通過する。このとき、 k 相目 ($1 \leq k \leq m$) の巻線の鎖交磁束は、 $\phi_k - \phi_0 - (\phi_{k+m} - \phi_0) = \phi_k - \phi_{k+m}$ となり、図27Aのものと一致する。

[0066] 以上の構成をまとめると、 $2m+1$ 個のティースと $2m$ 個のスロットとを軸線方向に交互に配置し、相互に m だけ離れたスロットに収納された巻線を励磁方向が逆になるように直列接続し、かつ各ティースを通過するロータ磁束を $360^\circ / 2m$ ずつずらし、更に1番目および $2m+1$ 番目のティースを通過する磁束を同位相でその他のティースを通過する磁束の2分の1とすることで、図27Aに示す一般的な m 相波巻モータと等価な磁気回路を構成することができる。尚、 $N = 2 \cdot K \cdot m$ (K は2以上の自然数) のとき、連続して配置された K 個の巻線を直列接続した構造(分布巻)としても、同様にして等価な磁気回路を構成することができる。

[0067] 次に、図14～図17に基づいて、上記 m 相波巻クローポール型モータを具体化した第4実施例を説明する。

実施例 4

[0068] 第1実施例～第3実施例は軸線L方向に積層された第1ステータリング31～第4ステータリング34の間に3個のスロット41, 42, 43を備えていたが、第4実施例は軸線L方向に積層された第1ステータリング31～第5ステータリング35の間に4個のスロット41, 42, 43, 44を備えている。中央の第3ステータリング33は、環状のリターンパス33aの径方向内側にティース33bを介して連なる突起33cの形状が軸線L方向に対称であり、その両側に位置する第2ステータリング32および第4ステータリング34は相互に互換可能な鏡面対称な部材であって、軸線L方向に非対称な突起32c, 34cを備えている。

[0069] 第2ステータリング32および第4ステータリング34の両側に位置する第1ステータリング31および第5ステータリング35は相互に互換可能な鏡面対称な部材であって、軸線L方向に非対称な突起31c, 35cを備えている。両突起31c, 35cはステータ19の円周方向の同じ位置にあり、相互に接近する方向に延びている。従って、第1ステータリング31および第5ステータリング35の突起31c, 35cの軸線L方向の幅は、第2

ステータリング32～第4ステータリング34の突起32c～34cの軸線L方向の幅の約半分である。

- [0070] 第1ステータリング31～第5ステータリング35の間には4個のスロット41, 42, 43, 44が形成されており、各々のスロット41, 42, 43, 44にA⁺相巻線36、B⁺相巻線37、A⁻相巻線38およびB⁻相巻線39がそれぞれ収納される。A⁺相巻線36およびB⁺相巻線37の起磁力の方向は相互に同方向であり、かつA⁻相巻線38およびB⁻相巻線39の起磁力の方向は相互に同方向であり、前記A⁺相巻線36およびB⁺相巻線37の起磁力の方向とは逆方向になるように設定される。
- [0071] そしてA⁺相、A⁻相巻線36, 38と、B⁺、B⁻相巻線37, 39とに2相交流電流を供給することで、ステータ19の内周面に順番に配置されたA⁺相の突起31c…, 35c…、B⁺相の突起32c…、A⁻相の突起33c…およびB⁻相の突起34c…に回転磁界を形成し、永久磁石18…との間に発生する電磁力でロータ17を回転駆動することができる。
- [0072] このとき軸線L方向両端の第1ステータリング31および第5ステータリング35のティース31b, 35bを通過する磁束は、他の第2ステータリング32、第3ステータリング33および第4ステータリング34のティース32b, 33b, 34bを通過する磁束の半分になるが、第1ステータリング31および第5ステータリング35のティース31b, 35bは同位相に配置されていて実質的に一体に機能するため、各相間の磁束のアンバランスが発生することはない。
- [0073] しかし、この第4実施例によっても、A⁺相巻線36、B⁺相巻線37、A⁻相巻線38およびB⁻相巻線39が軸線Lを円筒状に囲むように配置されるので、出力トルクに寄与しない巻線部分（渡り部分）を廃止し、かつ各相の磁路を共用化することにより、第1ステータリング31～第5ステータリング35を有効に利用して小型で高出力のモータMを得ることができ、特にモータMの薄型化を図ることで、エンジンEおよびトランシションT間の狭い空間に容易に配置することができる。
- [0074] 次に、図18～図20に基づいて本発明の第5実施例を説明する。

実施例 5

- [0075] 第4実施例のステータ19のA⁺相、B⁺相、A⁻相およびB⁻相のティース31b…(35b

…), 32b…, 33b…, 34b…は周方向に位相をずらして配置されており、それらのティース31b…(35b…), 32b…, 33b…, 34b…の径方向内端から軸線L方向に延びる突起31c…(35c…), 32c…, 33c…, 34c…は、ステータ19の軸線L方向の厚さと同じ幅を有している。そしてロータ17の永久磁石18…の幅は突起31c…(35c…), 32c…, 33c…, 34c…の幅と同じであり、各々の相の突起31c…(35c…), 32c…, 33c…, 34c…に対して共有されている。

- [0076] それに対して第5実施例のステータ19のA⁺相、B⁺相、A⁻相およびB⁻相のティース31b…(35b…), 32b…, 33b…, 34b…は同一位相に配置されており、ティース31b…(35b…), 32b…, 33b…, 34b…から径方向内側に延びる突起31c…(35c…), 32c…, 33c…, 34c…も同一位相に配置されている。一方、ロータ17の外周に配置される永久磁石18…は各相の突起31c…(35c…), 32c…, 33c…, 34c…に対応して軸線L方向に5段に配置されており、かつ周方向に電気角で $360^\circ / 2m = 90^\circ$ ずつ位相をずらして配置される。但し、軸線L方向の両端の突起31c…, 35c…に対応する永久磁石18…は、同一位相に配置される。A⁺相、B⁺相、A⁻相およびB⁻相の巻線36, 37, 38, 39の構造は第4実施例と同じである。
- [0077] この第5実施例によても上述した第4実施例と同様にステータ19の軸線L方向の厚さを薄くすることができるが、永久磁石18…が5段に分割される分だけ部品点数が増加し、また各々の相の突起31c…(35c…), 32c…, 33c…, 34c…が永久磁石18…に対向する面積が小さくなる分だけロータ17の出力トルクが減少する。しかしながら、ステータ19の突起31c…(35c…), 32c…, 33c…, 34c…の位相を揃えることができるので、ステータ19の構造を簡素化することができる。
- [0078] 次に、図21Aおよび図21Bに基づいて本発明の第6実施例を説明する。

実施例 6

- [0079] 第6実施例は上述した第5実施例の変形であって、第5実施例では各相の突起31c…(35c…), 32c…, 33c…, 34c…の位相を揃えて、各相の永久磁石18…の位相を $360^\circ / 2m = 90^\circ$ ずつずらしているのに対し、第6実施例では各相の突起31c…(35c…), 32c…, 33c…, 34c…の位相を $360^\circ / 2m = 90^\circ$ ずらして、各相の永久磁石18…の位相を揃えたものである。第6実施例によても第5実施例と同

様の作用効果を達成することができる。尚、永久磁石18…を5段に分割せず、第4実施例のロータ19と同じ永久磁石18…を採用すれば部品点数を削減することができる。

- [0080] 以上説明した各実施例のクローポール型のモータMは、巻線36, 37, 38, 39に波巻(全節集中巻)を採用したことにより、突極集中巻(短節集中巻)に比べてトルクを増加させることができる。以下、その理由を説明する。
- [0081] 図22に示す突極集中巻の巻線分布では、その巻線起磁力が図23Aに示すように方向が120°ずれた大きさが1の二つのベクトルで表される。aとbとは励磁方向が逆なので、図23Bに示すようにbに鎖交する磁束変化ベクトルは反対方向となり、その合成ベクトルである起電力の大きさは $\sqrt{3}$ となる。
- [0082] それに対して図24に示す本実施例の波巻の巻線分布では、その巻線起磁力が図25Aに示すように方向が180°ずれた大きさが1の二つのベクトルで表される。aとbとは励磁方向が逆なので、図25Bに示すようにbに鎖交する磁束変化ベクトルは反対方向となり、その合成ベクトルである起電力の大きさは2となる。
- [0083] このように、巻線のピッチが180°でない場合には、180°である場合に比べて、同一巻線ターン数、同一磁束変化でも起電力が小さくなり、その割合はコイルピッチを $\beta \pi$ とすると、

$$kp = \sin(\beta \pi / 2)$$

で与えられる。この係数kpを短節巻係数と呼ぶ。

- [0084] 短節巻係数kpが最大値1となるのはコイルピッチ $\beta \pi = 180^\circ$ の波巻の場合であるが、波巻を集中巻として採用すると図26Aに示すように起磁力分布が矩形波状となるため、スロット数を増やして起磁力分布を正弦波に近づけることで、つまり図26Bに示すように波巻を分布巻として採用することで、トルクリップルや高周波による鉄損を低減することができる。
- [0085] この分布巻を採用すると起磁力分布は正弦波に近くなるが、基本波成分の大きさは、分布スロット数をq、分布ピッチを α とすると、

$$kd = \sin(q \alpha / 2) / \{q \sin(\alpha / 2)\}$$

だけ小さくなる。この係数kdを分布巻係数と呼ぶ。

[0086] 次に、図28Aおよび図28Bに基づいてステータ19の冷媒通路Jの他の実施例を説明する。

[0087] 図28Aの実施例は、ステータ19の第1～第4ステータリング31～34に跨がる共通の冷媒通路Jを設けたもので、ステータ19の合わせ面のシールを考慮する必要があるが、第1～第4ステータリング31～34に各自独立した複数の冷媒通路J…を設ける場合に比べて、圧粉成形時に中子が不要になる分だけコストダウンが可能であり、しかも通路断面積の増加や冷媒を供給する配管の簡素化が可能になる。

[0088] 図28Bに示す実施例は、ステータ19の圧粉成形時に熱伝導率の高い銅製のパイプ51…を埋め込むことで冷媒通路J…を形成したもので、中子を用いて冷媒通路J…を形成する場合に比べてコストダウンが可能である。

[0089] 次に、図29A～図29Dに基づいてステータ19の冷媒通路Jの更に他の実施例を説明する。

[0090] 図29Aに示す実施例は、前記図28Aに示す実施例の変形であって、ステータ19の外周面と、このステータ19を保持する環状のステータホルダ20の内周面との間に単一の冷媒通路Jが形成される。この実施例によれば、ステータ19とステータホルダ20との合わせ面のシールを考慮する必要があるが、冷媒通路Jを形成するのに中子が不要になってコストダウンが可能である。

[0091] 図29Bに示す実施例は、前記図29Aに示す実施例の変形であって、冷媒通路Jがステータ19の外周面およびステータホルダ20の内周面の両方に形成した凹部の協働によって構成される。この実施例は、ステータ19の凹部およびステータホルダ20の凹部の協働によって冷媒通路Jを構成するので、ステータ19側の凹部を小さくして該ステータ19の強度および磁路を確保しながら、冷媒通路Jの通路断面積を確保することができる。

[0092] 図29Cに示す実施例は、ステータ19の外周面が単純な円筒面であり、軸方向両側の第1、第4ステータリング31、34の外周面に2個の補強リング52、52を圧入し、更に補強リング52、52の外周面にステータホルダ20を圧入したものである。この実施例によれば、ステータ19およびステータホルダ20の形状を最も単純化しながら、ステータ19、補強リング52、52およびステータホルダ20の協働によって大断面積の冷媒

通路Jを構成することができ、しかも補強リング52, 52によってステータ19を補強することができる。

- [0093] 図29Dに示す実施例は、前記図29Aに示す実施例の変形であって、ステータ19の外周面の2本の溝とステータホルダ20の内周面との間に2個の冷媒通路J, Jが形成される。この実施例によても、前記図29Aの実施例と同様の作用効果を達成することができる。
- [0094] 次に、図30A～図30Cに基づいてステータ19を冷却フィンF…で冷却する実施例を説明する。
- [0095] 図30Aに示す実施例は、ステータ19の外周面に環状をなす複数の冷却フィンF…を突設したものである。冷却フィンF…と干渉するためにステータ19の外周面を環状のステータホルダ20で保持できないため、ステータ19の両側面が板状のステータホルダ20, 20で保持される。
- [0096] これらの冷却フィンF…は第1～第4ステータリング31～34を圧粉成形する際に同時に形成されるため、別部材で形成した冷却フィンを後から固定する場合に比べて低コストであり、しかもステータ19の本体部から冷却フィンF…への熱伝達効率が良いために冷却効果が向上する。更に、冷却風を冷媒とするので、液体の冷媒を使用する場合に必要となるポンプ、配管、ラジエータ等を廃止できるだけでなく、冷媒の漏れに対する配慮も不要になる。
- [0097] 図30Bに示す実施例は、ステータ19の両側面を構成する第1ステータリング31および第4ステータリング34に環状をなす複数の冷却フィンF…を突設したものである。この実施例によれば、ステータ19の外周面に冷却フィンF…が存在しないので、そのステータ19を環状のステータホルダ20で保持することが可能となって保持構造が簡素化される。
- [0098] 図30Cに示す実施例は、ステータ19の外周面および両側面に冷却フィンF…を突設したもので、冷却フィンF…の数を増加させて冷却効果を高めることができる。但し、この実施例は図30Aあるいは図30Bに示すステータホルダ20, 20でステータ19を保持することができないため、ステータ19の円周方向の数カ所で冷却フィンF…を切欠き、その位置でステータ19を保持する必要がある。

- [0099] 以上、本発明の実施例を説明したが、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々の設計変更を行うことが可能である。
- [0100] 例えば、実施例では2相のクローポール型のモータMを例示したが、本発明は3相以上のクローポール型のモータに対して適用することができる。
- [0101] また実施例ではクローポール型のモータMをハイブリッド車両の走行用モータとして使用しているが、その用途は任意である。
- [0102] また実施例では各相のステータリング31, 32, 33, 34, 35を圧粉材で構成しているが、その他の種々の材質を採用することができる。即ち、ステータリング31, 32, 33, 34, 35を無垢の磁性体、焼結材および圧粉材の何れかで構成すれば、それらを積層鋼板で構成する場合に比べて成形が容易になり、無垢の磁性体あるいは焼結材で構成すればコストを削減することができ、圧粉材で構成すれば磁束の損失を低減することができる。
- [0103] また実施例では各相の第1～第5ステータリング31, 32, 33, 34, 35をそれぞれ一体成形しているが、必要に応じてリターンパス31a, 32a, 33a, 34a, 35a、ティース31b…, 32b…, 33b…, 34b…, 35b…および突起31c…, 32c…, 33c…, 34c…, 35c…を分割して構成すれば、それらの設計自由度を高めることができる。
- [0104] また実施例では各相の巻線36, 37, 38, 39の導線に長方形断面の平角線を採用しているが、正方形や正六角形等の正多角形断面あるいは円形断面の導線を採用することができる。長方形断面あるいは正多角形断面の導線を採用すれば巻線36, 37, 38, 39の占積率を増加させることができ、円形断面の導線を採用すればコストダウンに寄与することができる。
- [0105] また実施例ではステータ19を冷却する冷媒として最も低成本な冷却水および冷却風を例示したが、他の任意の冷媒を使用することができる。

請求の範囲

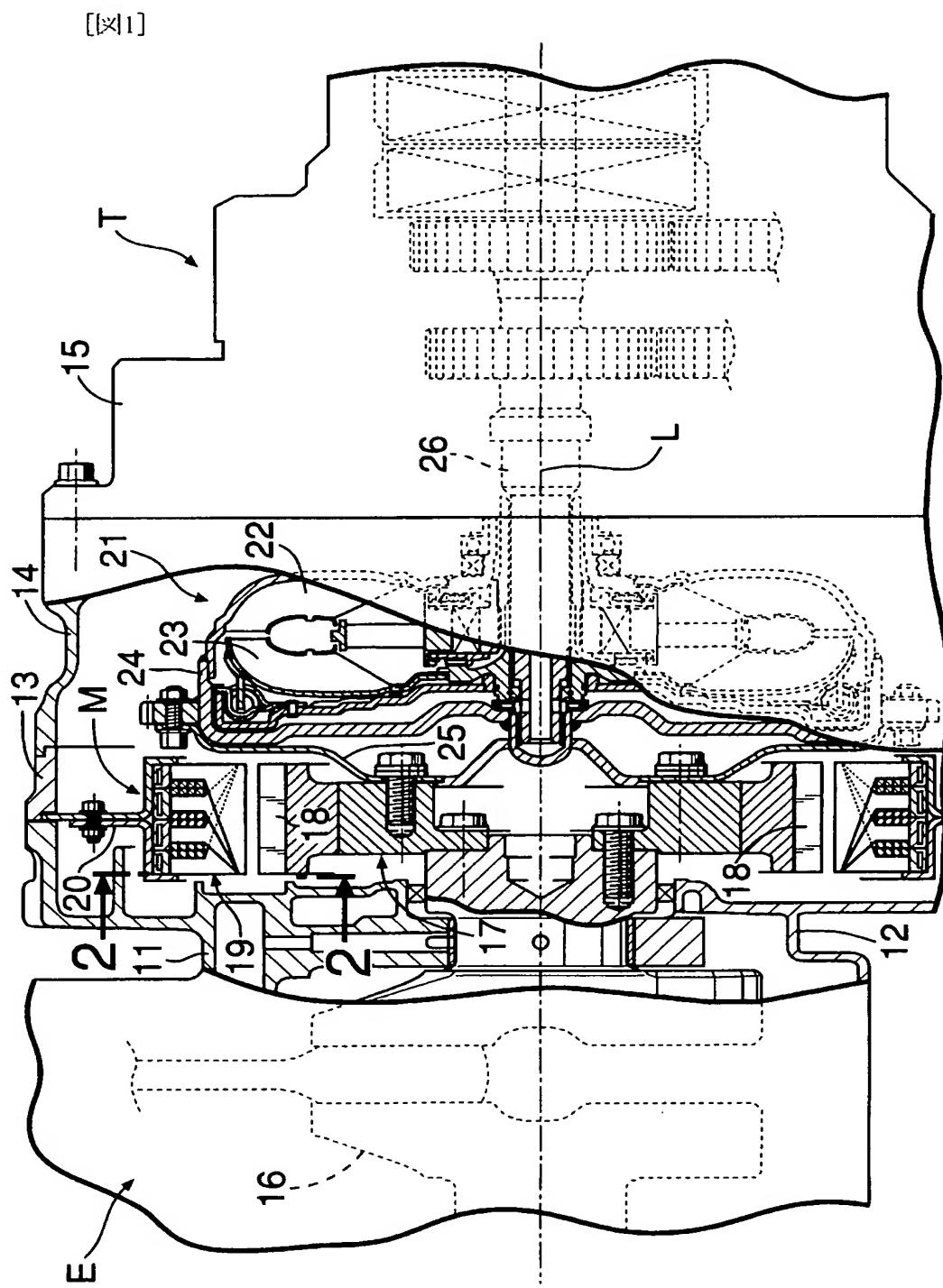
- [1] m を2以上の自然数として軸線方向に交互に配置された $2m$ 個のティースおよび $2m - 1$ 個のスロットと、各ティースを相互に接続するリターンパスと、各スロットに収納された巻線とを備え、互いに m だけ離れたスロットに収納された巻線は励磁方向が逆になるように直列接続され、各ティースを通過する磁束の位相は、 $N = 2m$ として各々 $360^\circ / N$ ずつずれているクローポール型モータのステータ。
- [2] m を2以上の自然数として軸線方向に交互に配置された $2m + 1$ 個のティースおよび $2m$ 個のスロットと、各ティースを相互に接続するリターンパスと、各スロットに収納された巻線とを備え、互いに m だけ離れたスロットに収納された巻線は励磁方向が逆になるように直列接続され、各ティースを通過する磁束の位相は、 $N = 2m$ として各々 $360^\circ / N$ ずつずれており、1番目のティースおよび $2m + 1$ 番目のティースを通過する磁束は同位相でその他のティースを通過する磁束の2分の1となるクローポール型モータのステータ。
- [3] K を2以上の自然数として $N = 2Km$ のとき、連続して配置された K 個の巻線を直列接続した、請求項1または請求項2に記載のクローポール型モータのステータ。
- [4] 前記各ティースは、 $360^\circ / N$ ずつ位相がずれた突起を有する、請求項1または請求項2に記載のクローポール型モータのステータ。
- [5] 前記突起は、ロータの外周面に沿って軸線方向に延びる、請求項4に記載のクローポール型モータのステータ。
- [6] 前記各ティースは、磁極の位相が $360^\circ / N$ ずつずれたロータに対して、同一位相の突起を有する、請求項1または請求項2に記載のクローポール型モータのステータ。
- [7] 1番目のティースおよび $2m + 1$ 番目のティースは、ロータの外周面に沿って軸線方向に延びる同じ長さの突起を有する、請求項2に記載のクローポール型モータのステータ。
- [8] 前記ステータは冷却構造を備える、請求項1または請求項2に記載のクローポール型モータのステータ。
- [9] 前記冷却構造は、ステータの内部および周辺部の少なくとも一方に設けられる、請

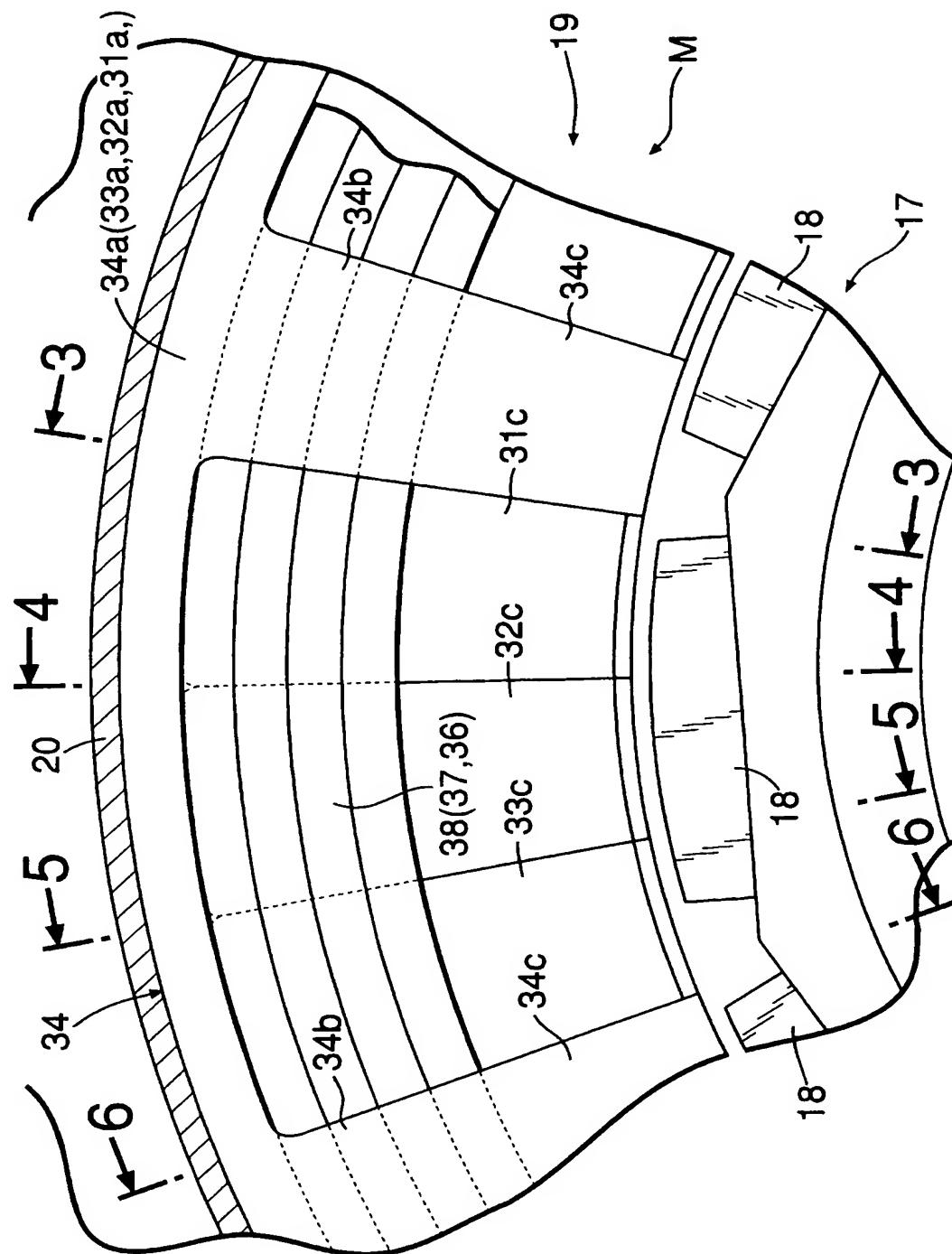
求項8に記載のクローポール型モータのステータ。

- [10] 前記ステータの周辺部に設けられた冷却構造は、少なくとも一つの凹部、少なくとも一つの凸部あるいは複数の冷却フィンからなる、請求項9に記載のクローポール型モータのステータ。
- [11] 前記ステータの内部に設けられた冷却構造は、少なくとも一つの冷却空間を持つ、請求項9に記載のクローポール型モータのステータ。
- [12] 前記冷却空間は、ステータと該ステータのホルダとの協働により構成される、請求項11に記載のクローポール型モータのステータ。
- [13] 前記冷却空間は、ステータと、該ステータのホルダと、ステータおよびホルダに挿まれた補強リングとの協働により構成される、請求項11に記載のクローポール型モータのステータ。
- [14] 前記冷却構造は、冷却水および冷却風の少なくとも一方によりステータを冷却する、請求項8に記載のクローポール型モータのステータ。

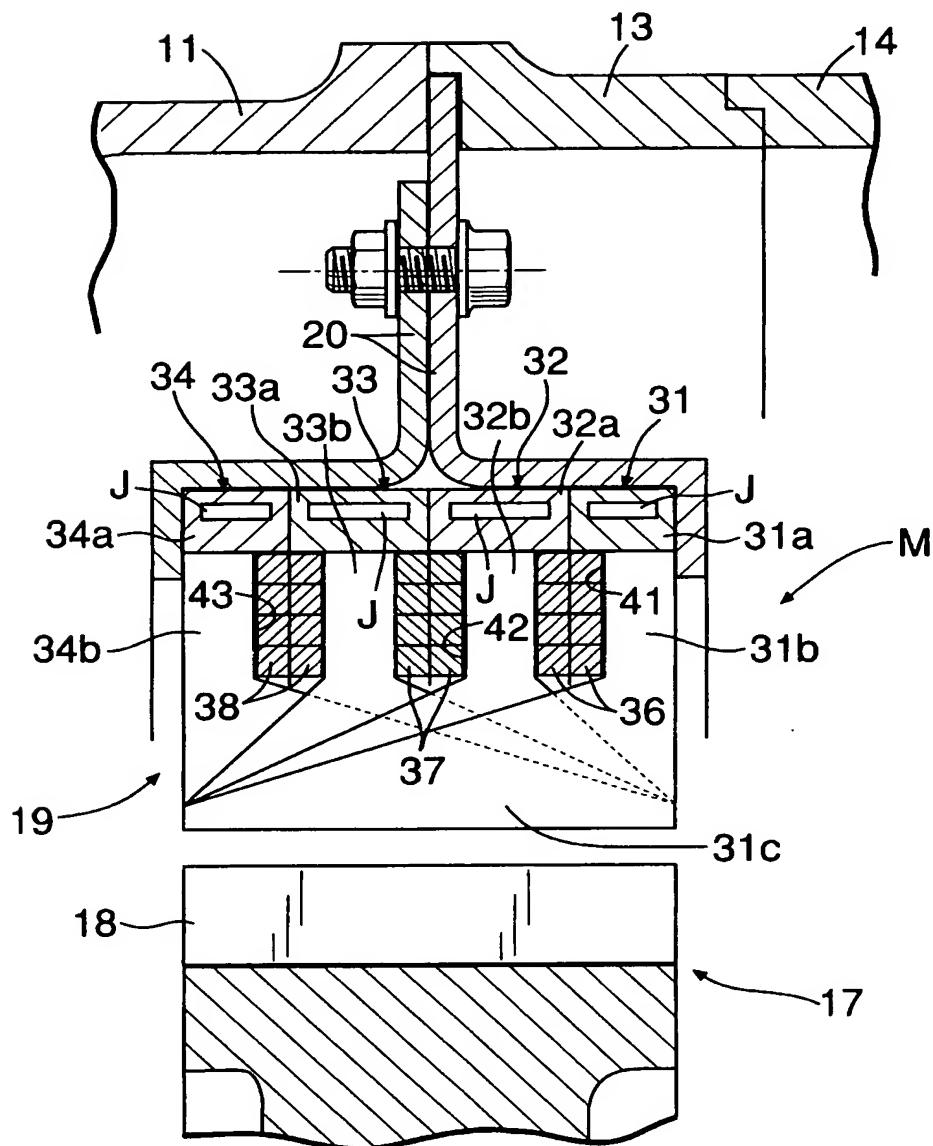
要 約 書

m を2以上の自然数とし(実施例では $m=2$)、 $2m$ 個のティース(31b～34b)および $2m-1$ 個のスロット(41, 42, 43)を軸線方向に交互に配置し、各スロット(41, 42, 43)に収納された巻線(36, 37, 38)のうちの互いに m だけ離れたスロット(41, 42, 43)の巻線(36, 37, 38)を励磁方向が逆になるように直列接続し、各ティース(31b～34b)を通過する磁束の位相を各々 $360^\circ / 2m$ ずつずらしたので、トルクに寄与しない巻線部分(渡り部分)を廃止し、かつ各相の磁路をリターンパス(31a～34a)を介して共用化することにより薄型で高出力のクローポール型モータを得ることができ、しかも波巻モータの磁気回路が構成されるので、突極集中巻モータに比べて出力トルクを増加させることができる。

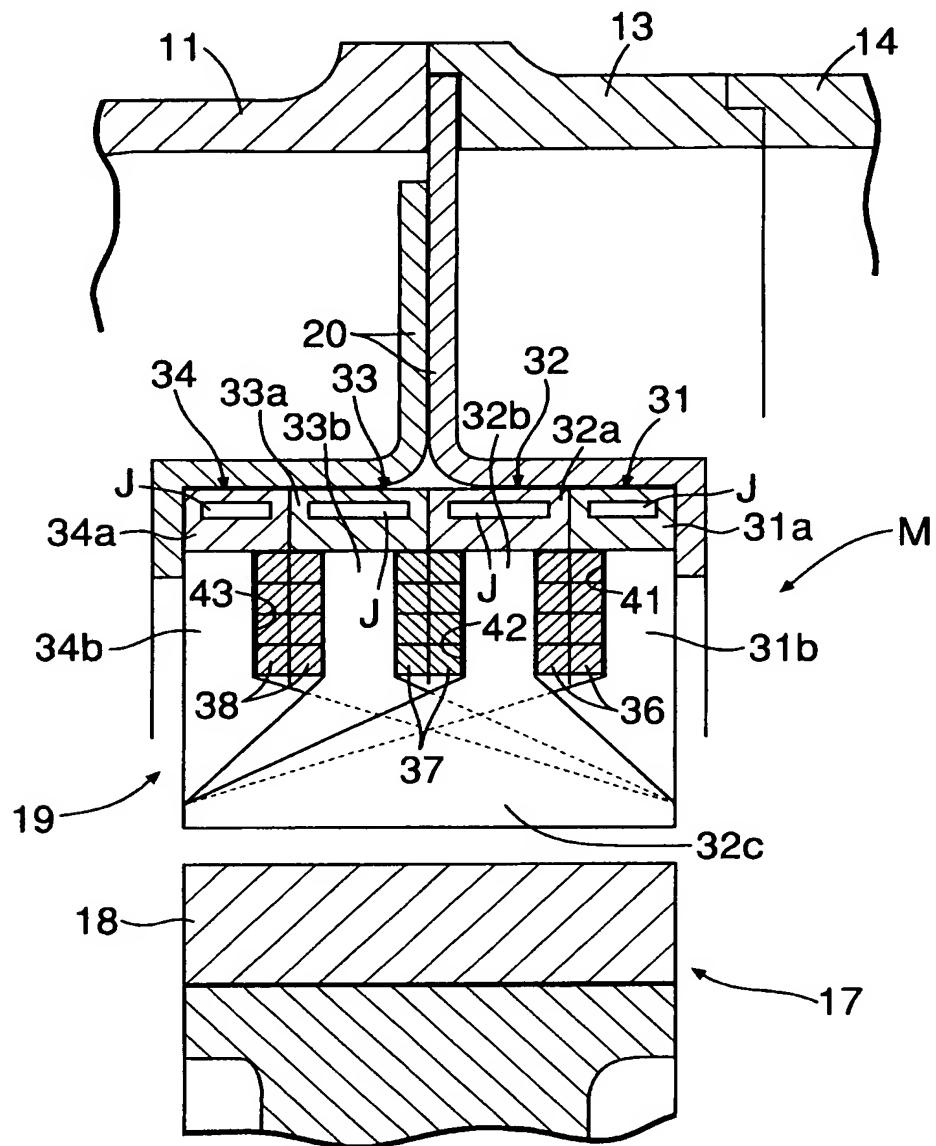


[~~12~~]

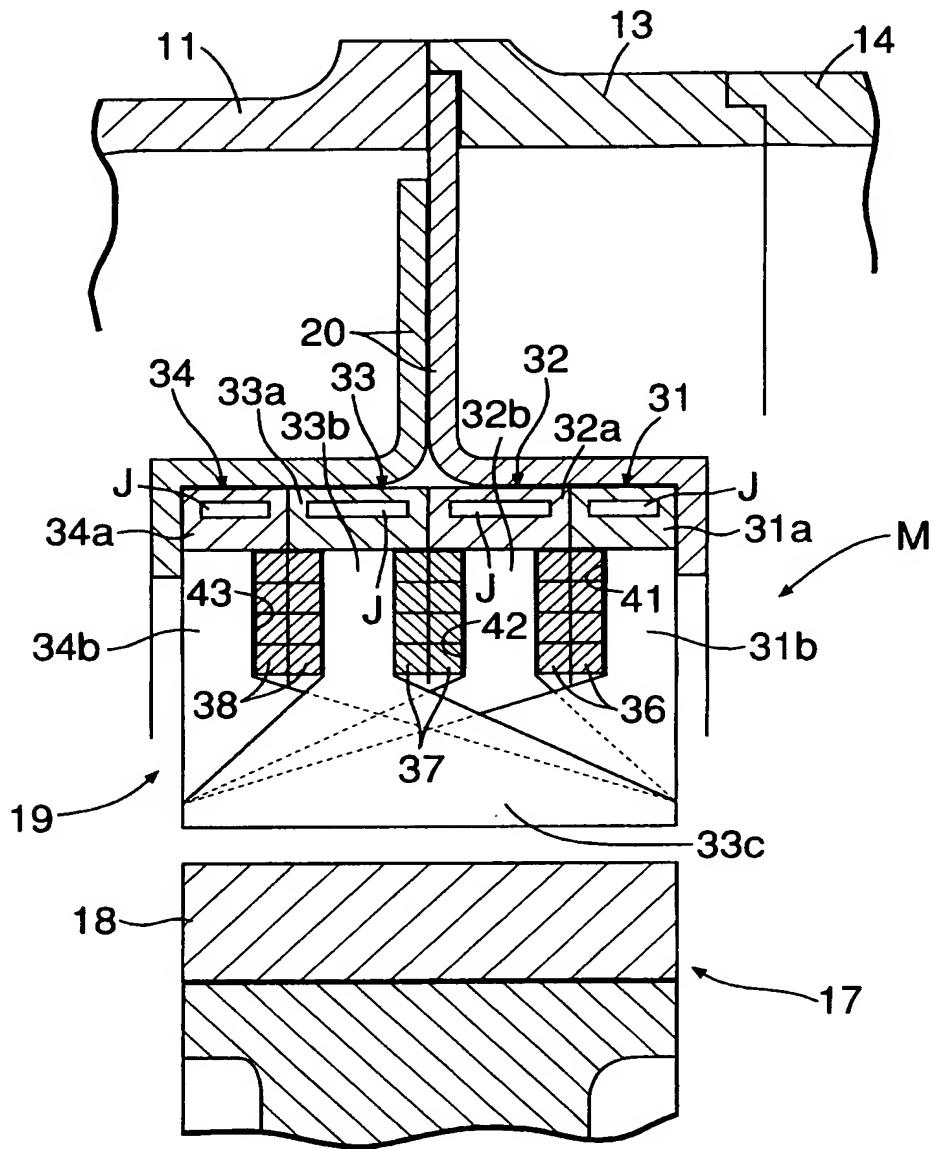
[12/3]



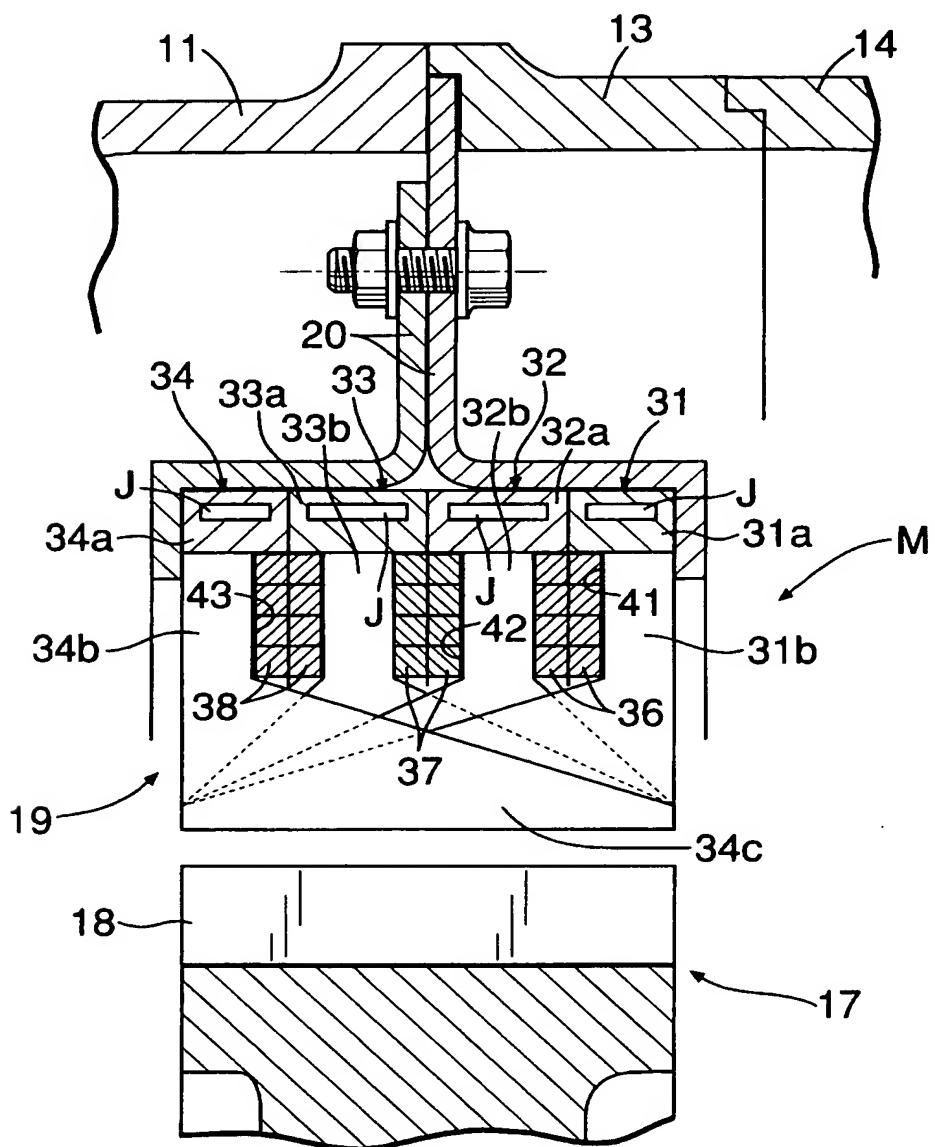
[図4]



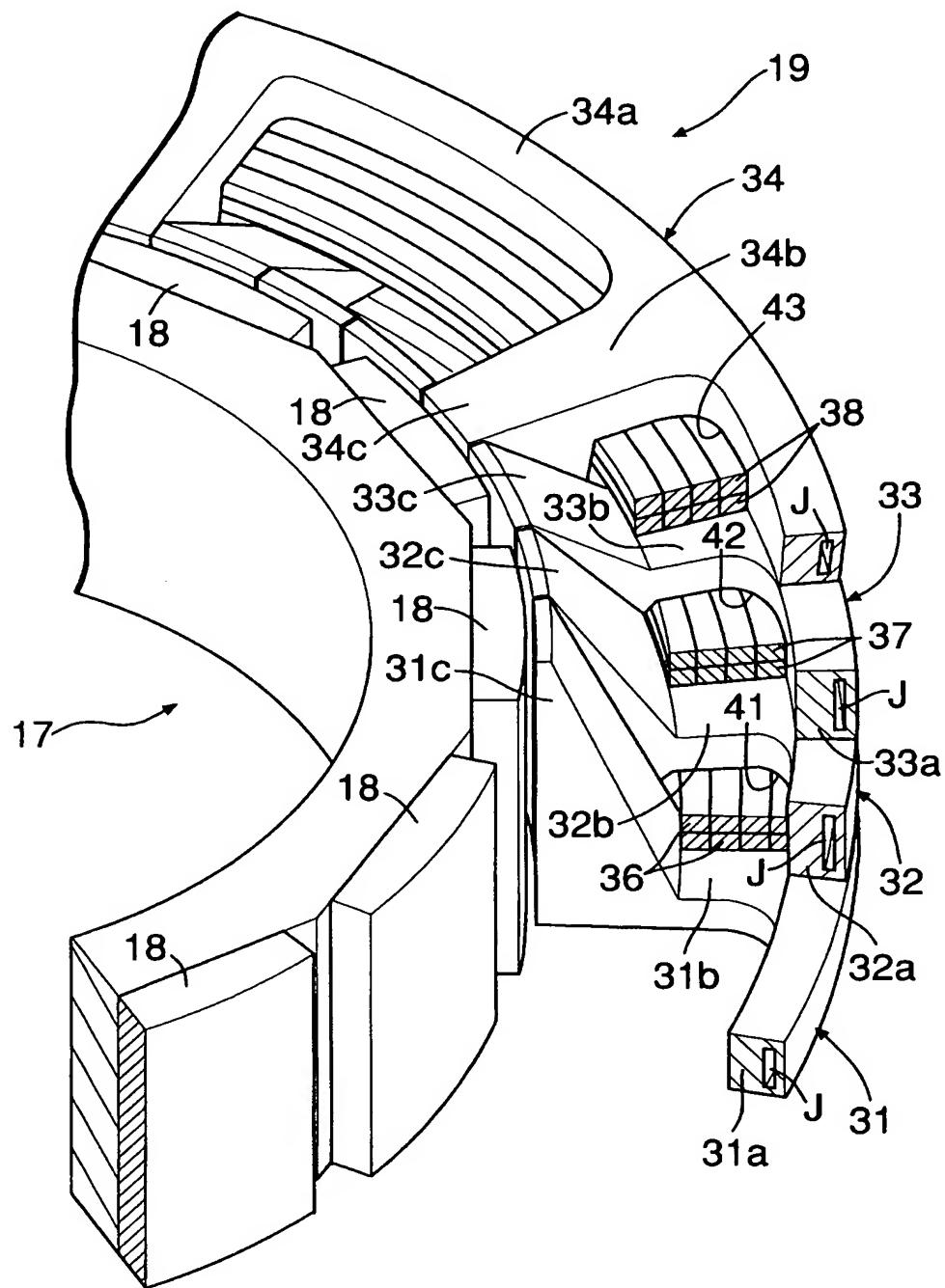
[<5]



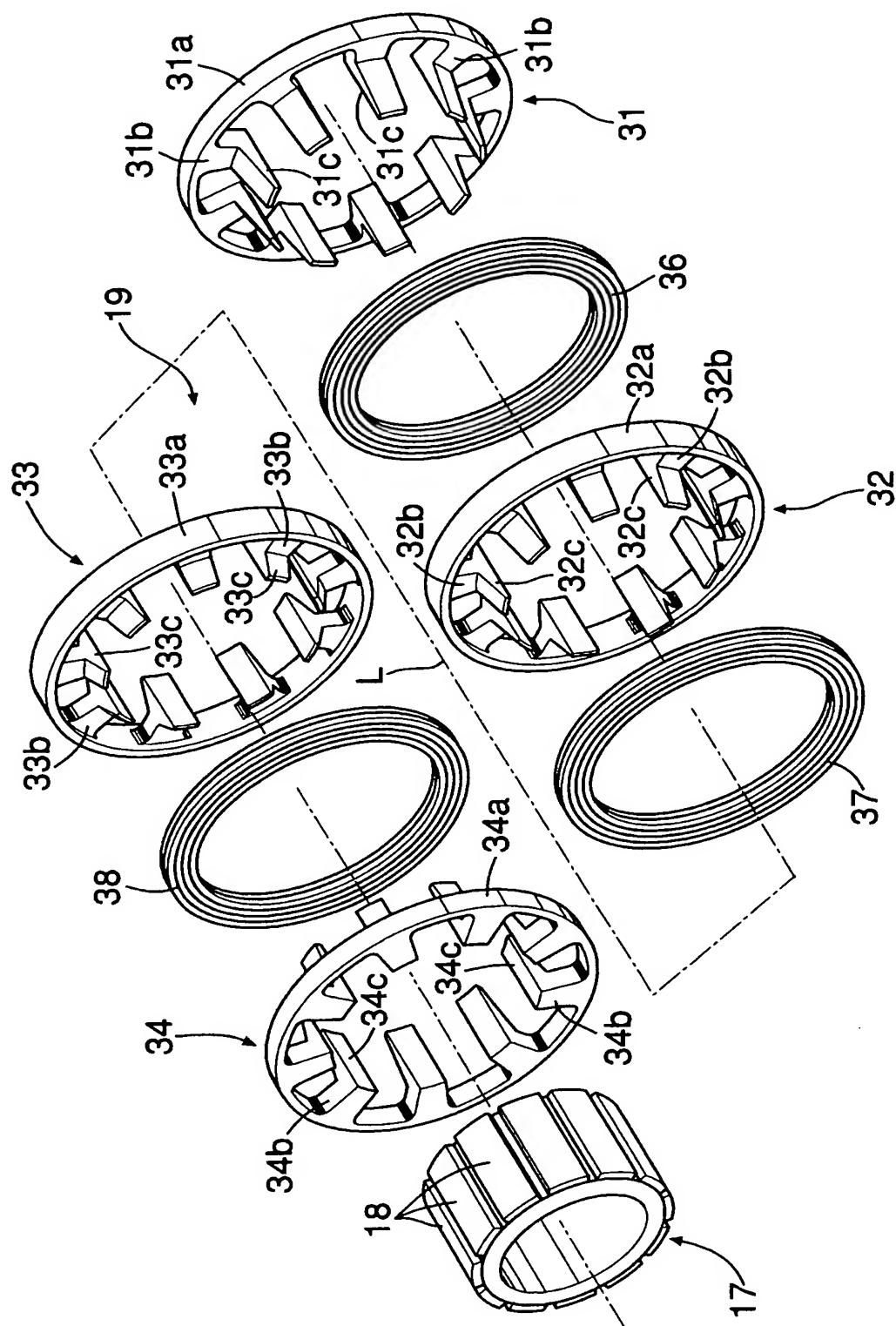
[6]



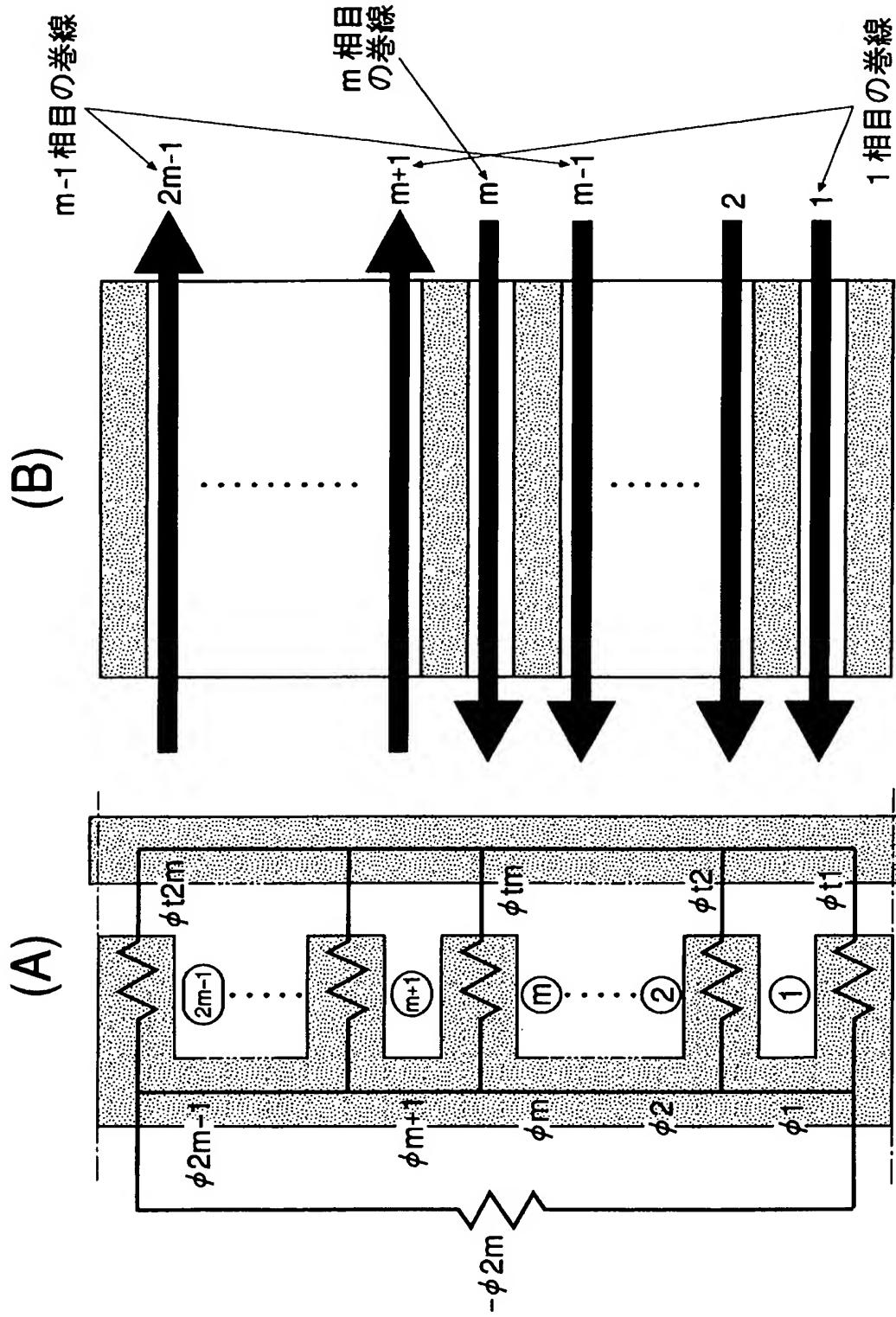
[図7]



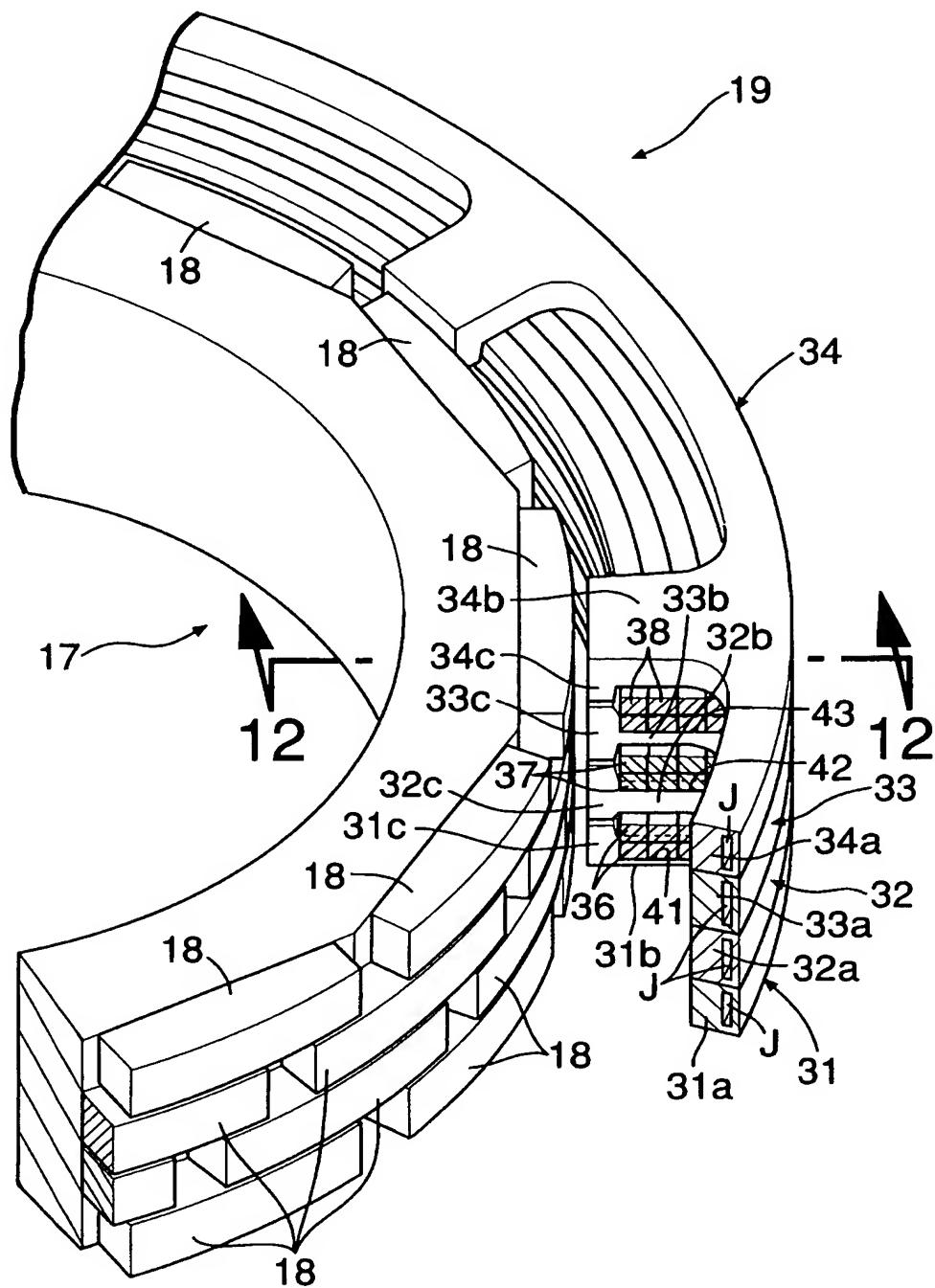
[図8]



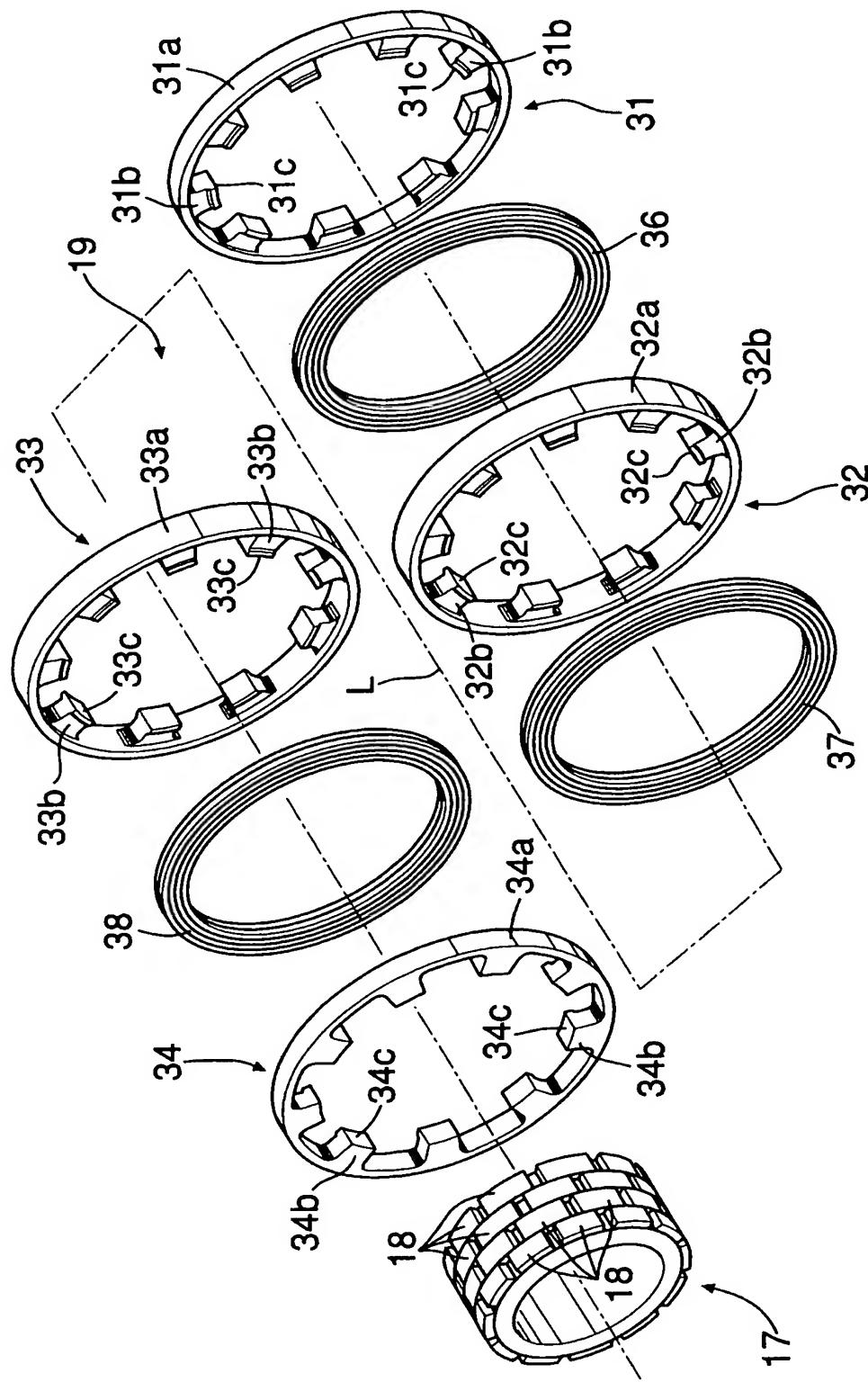
[19]



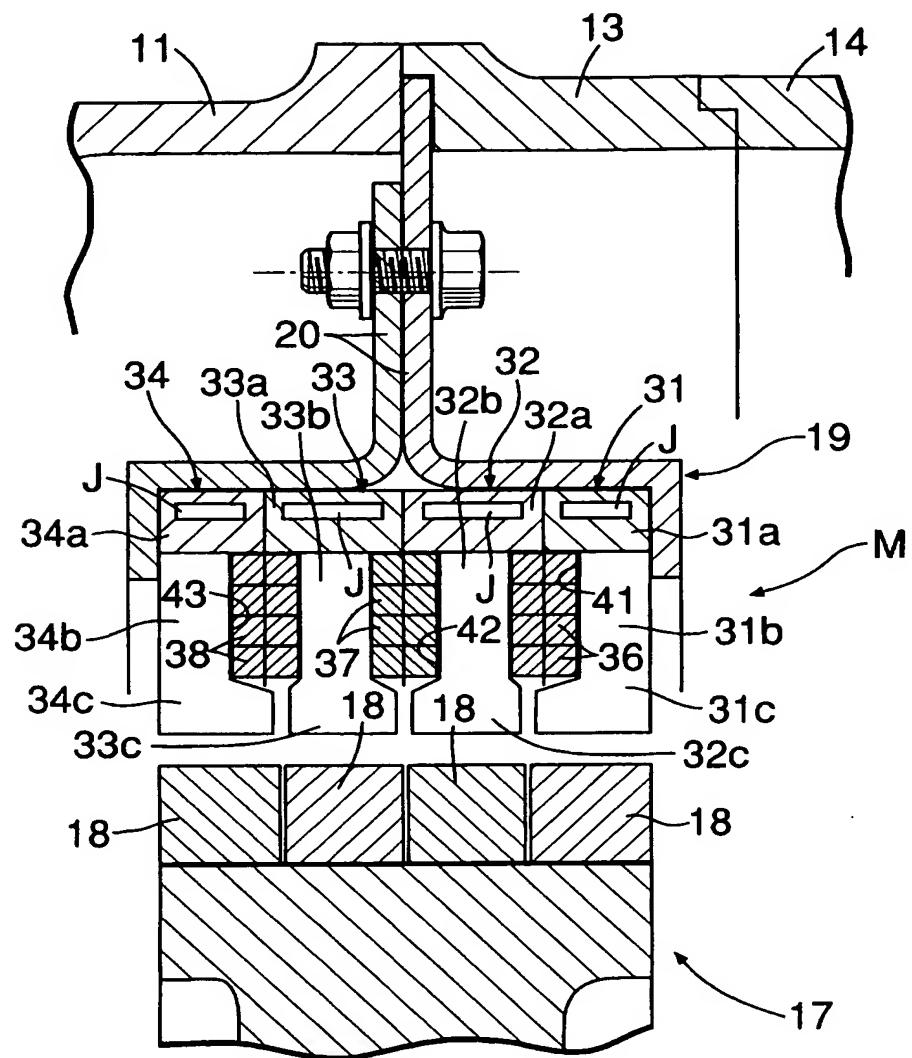
[図10]



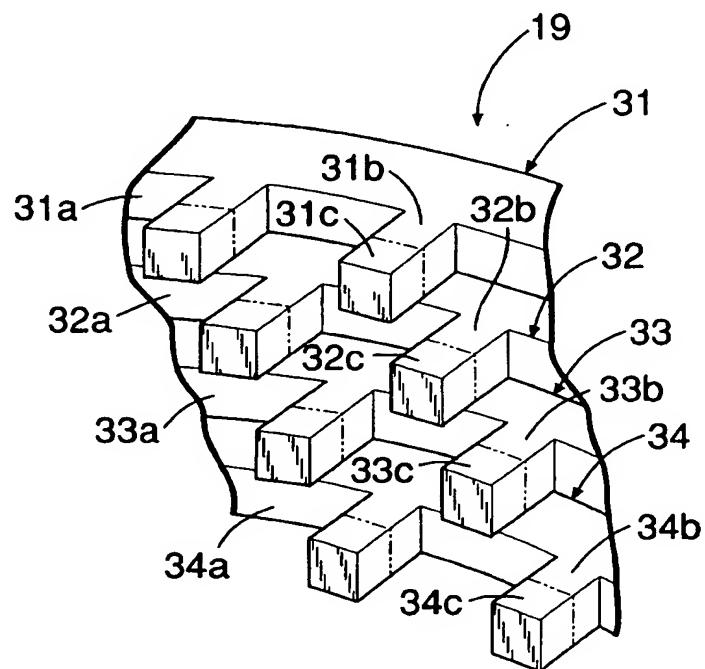
[図11]



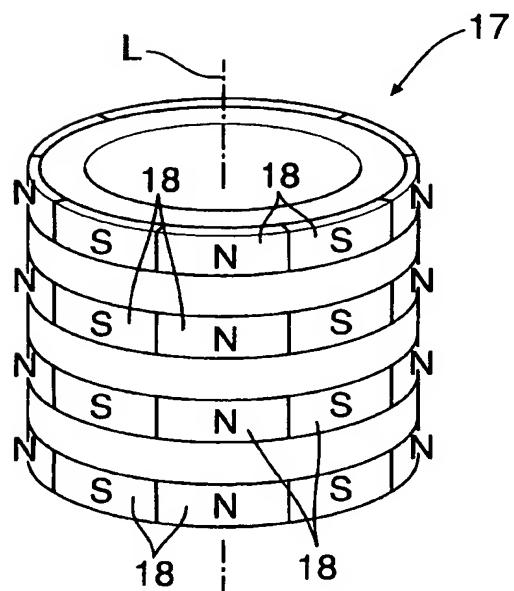
[図12]



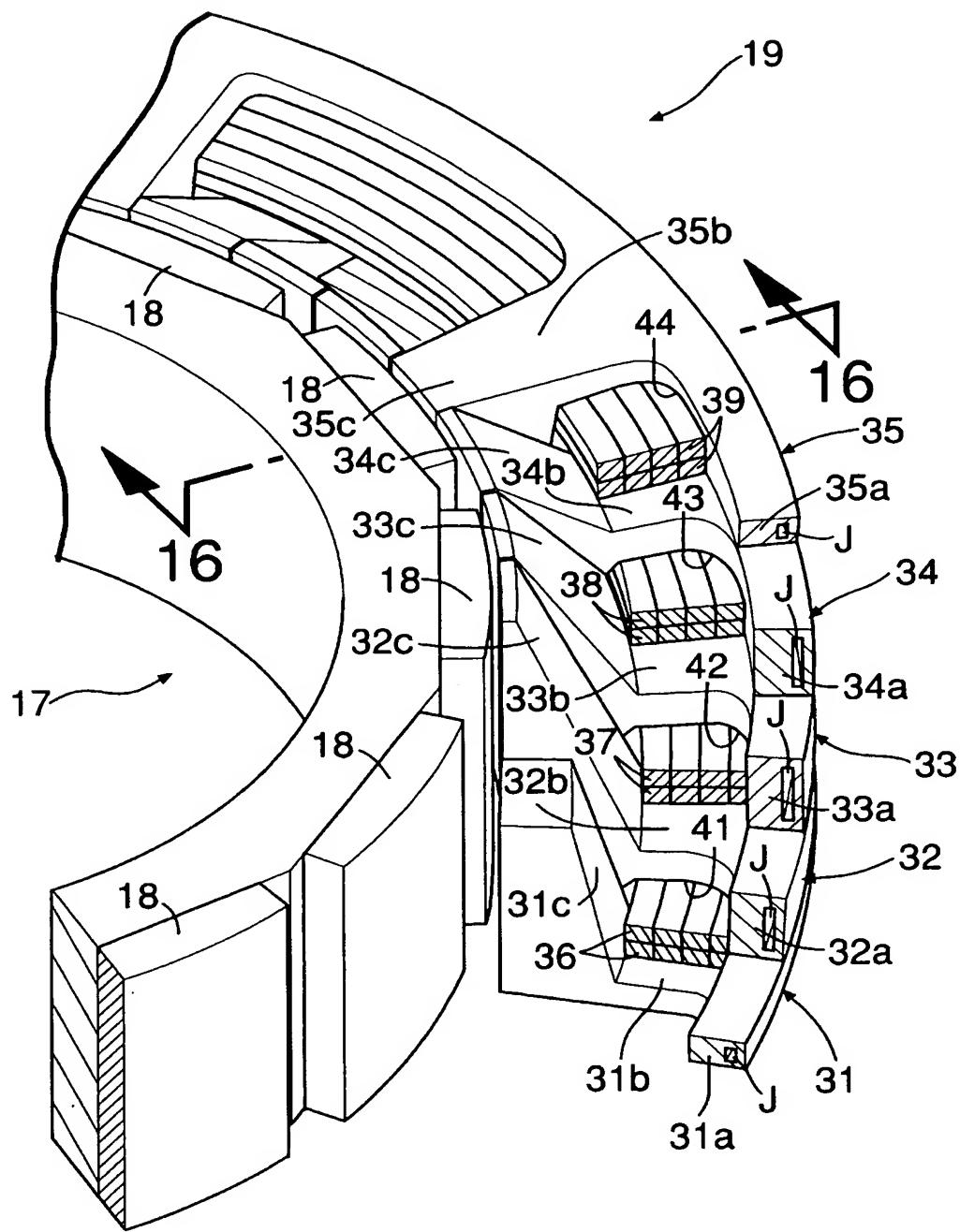
[図13A]



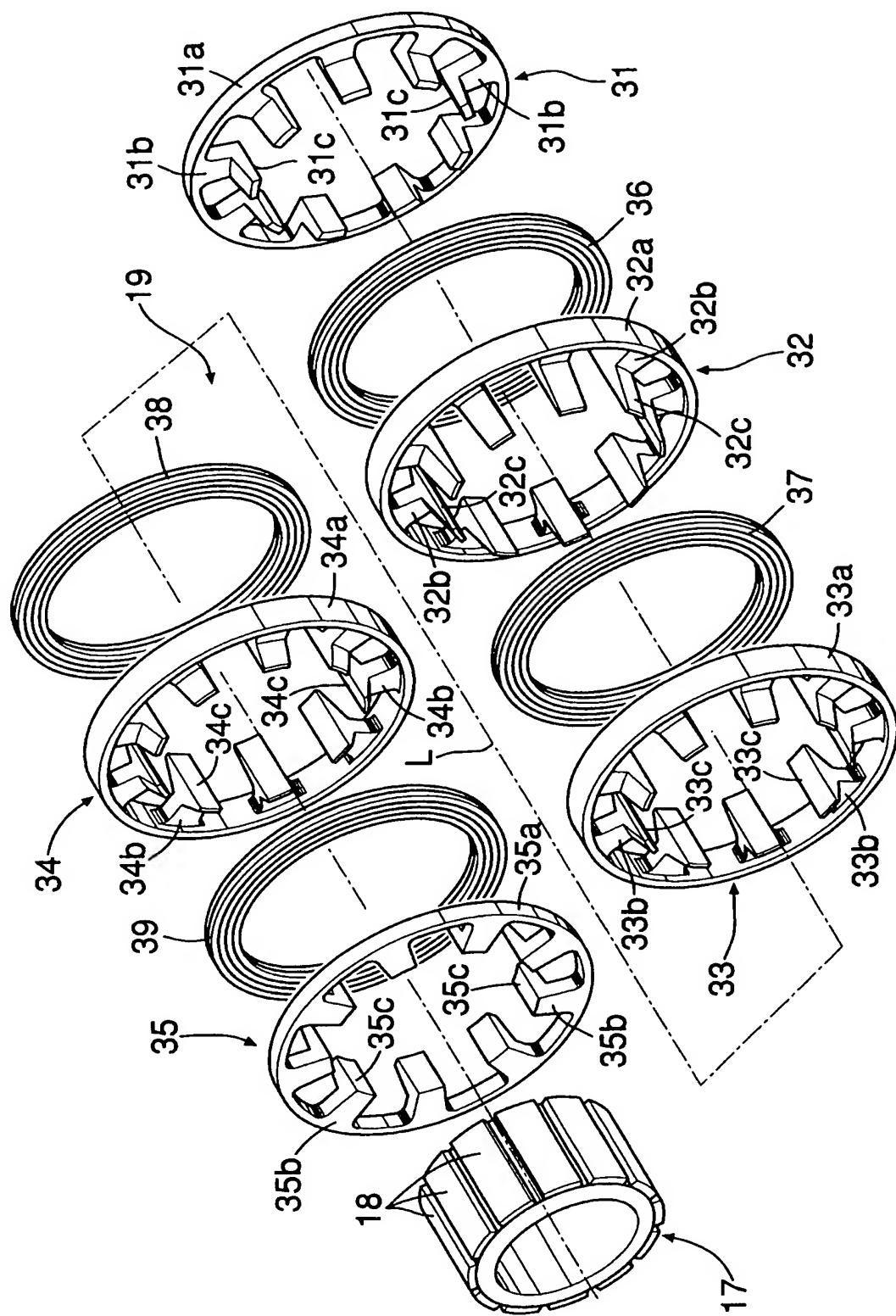
[図13B]



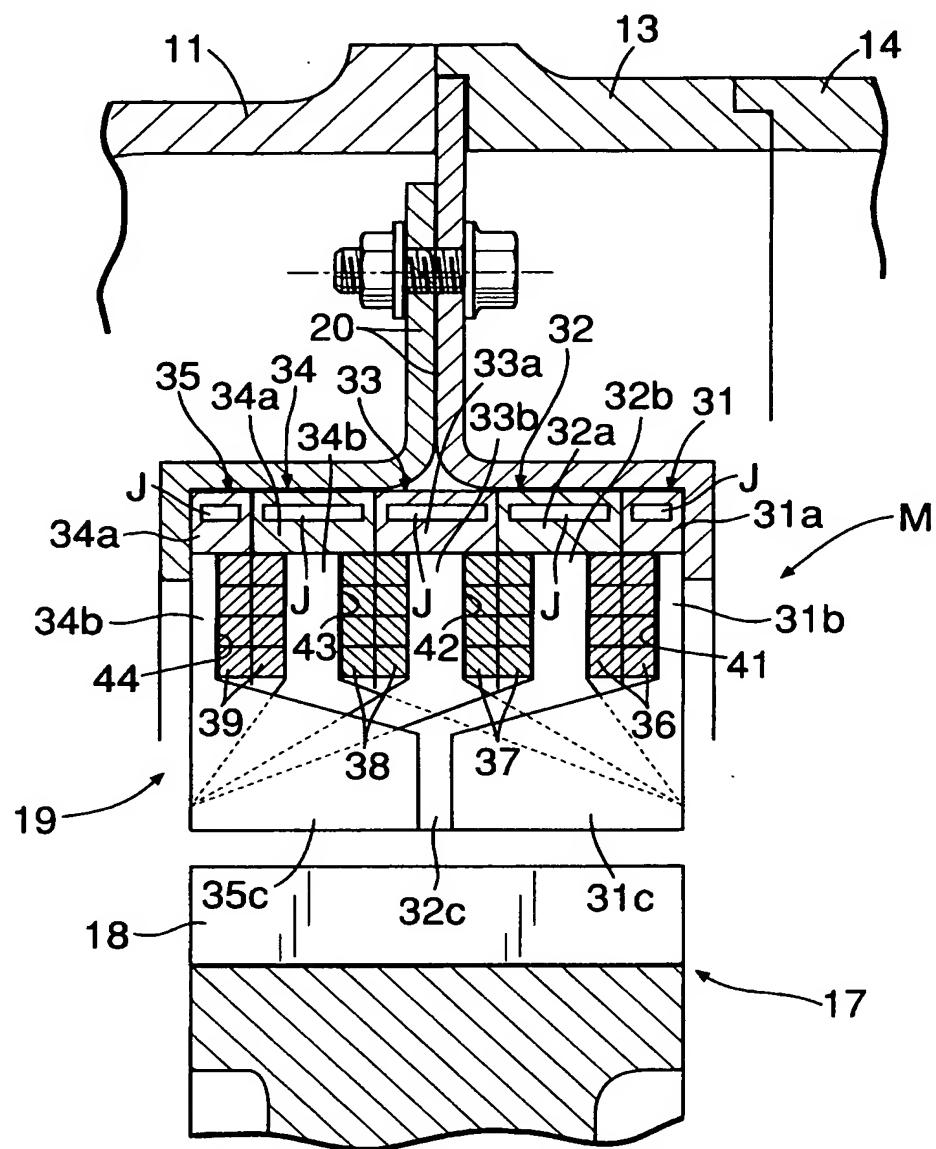
[図14]



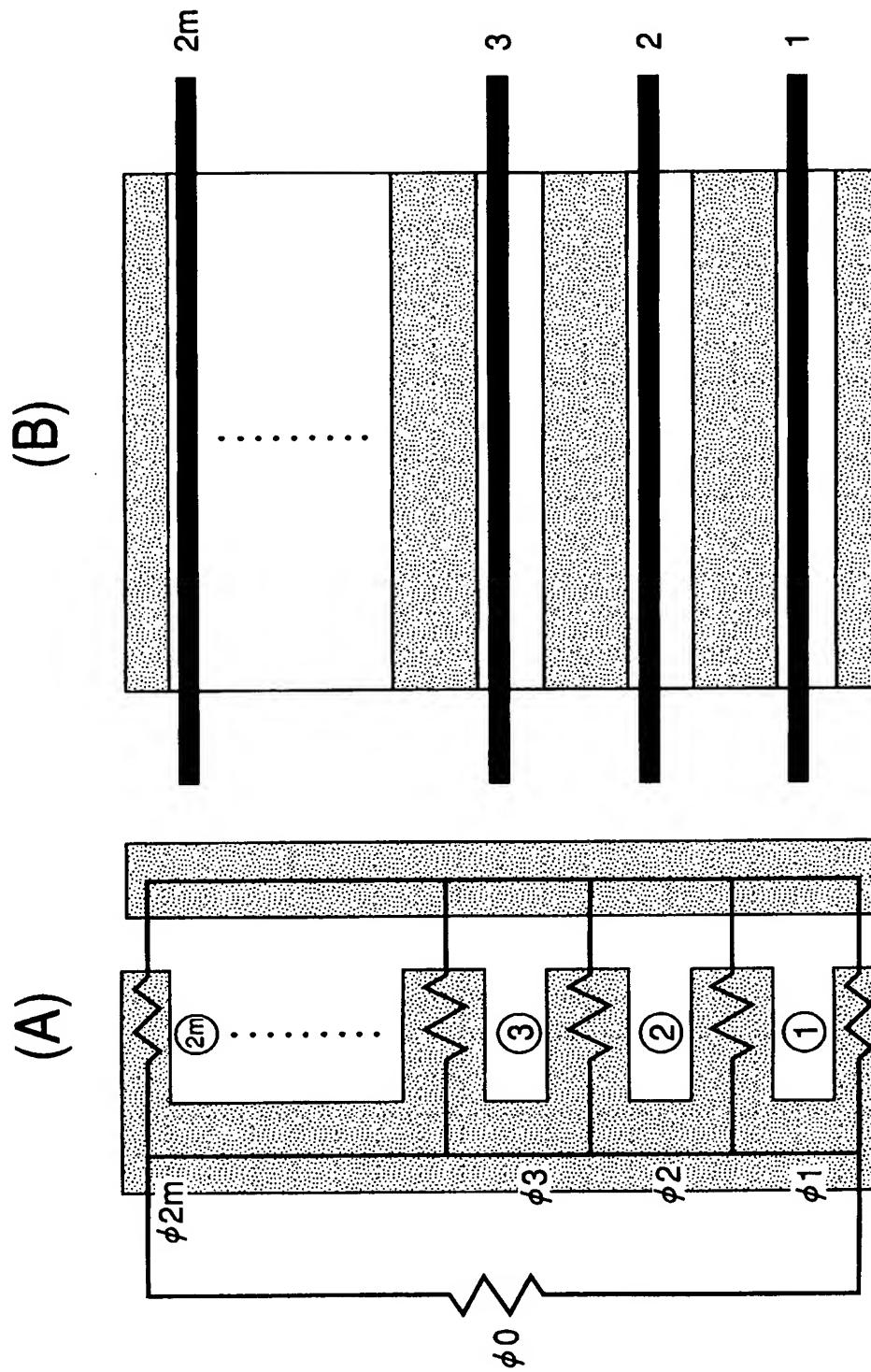
[図15]



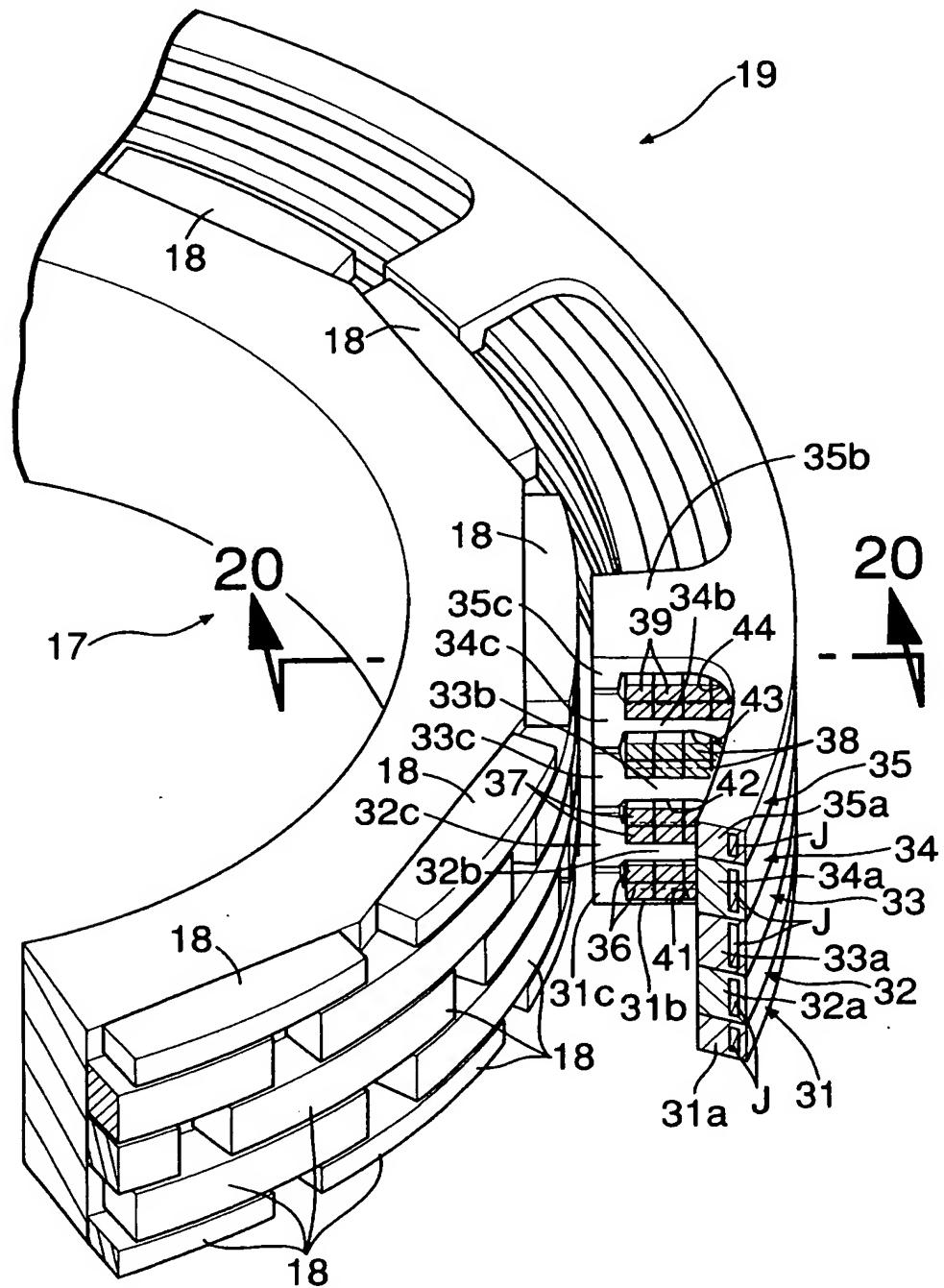
[図16]



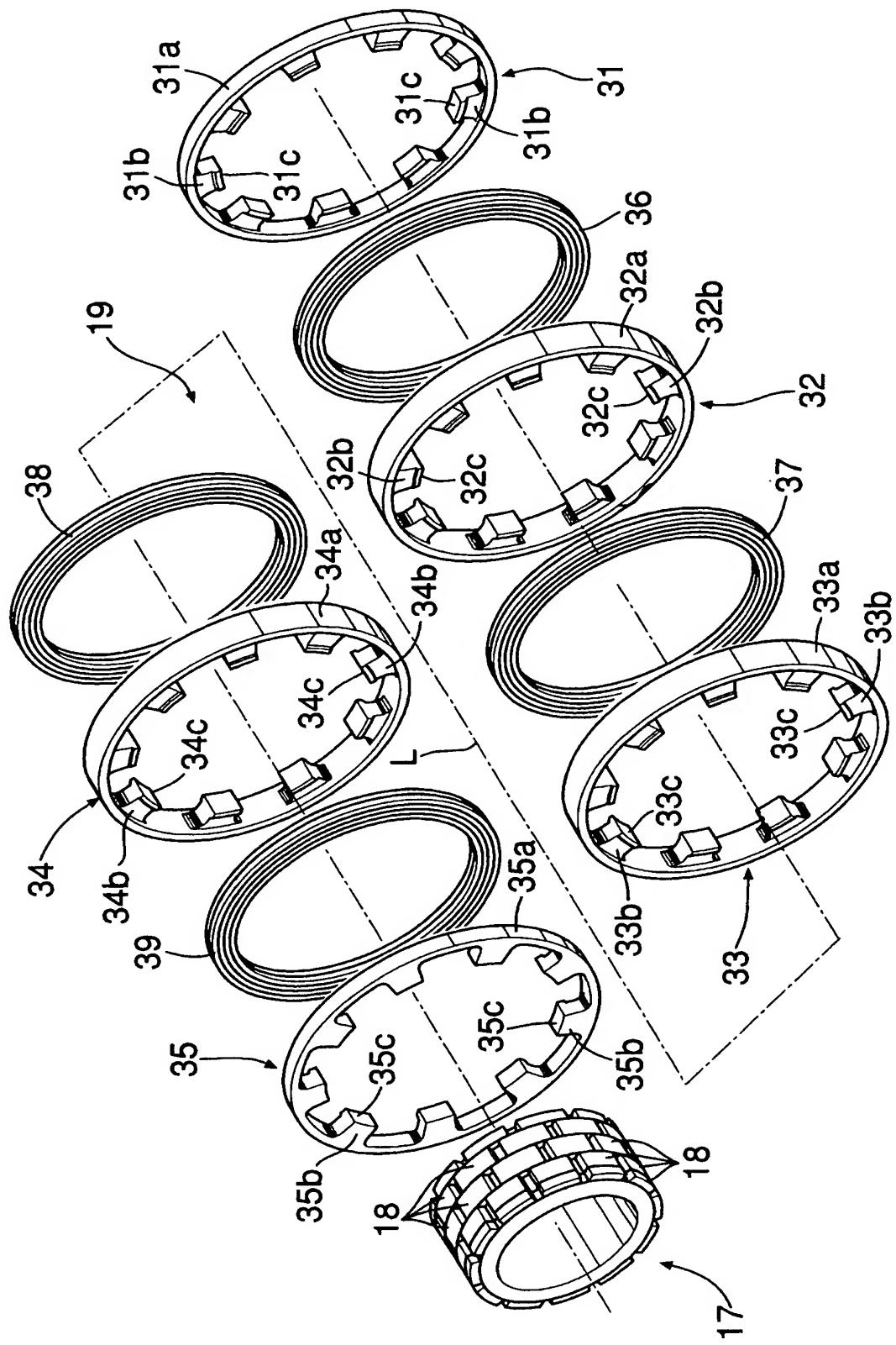
[図17]



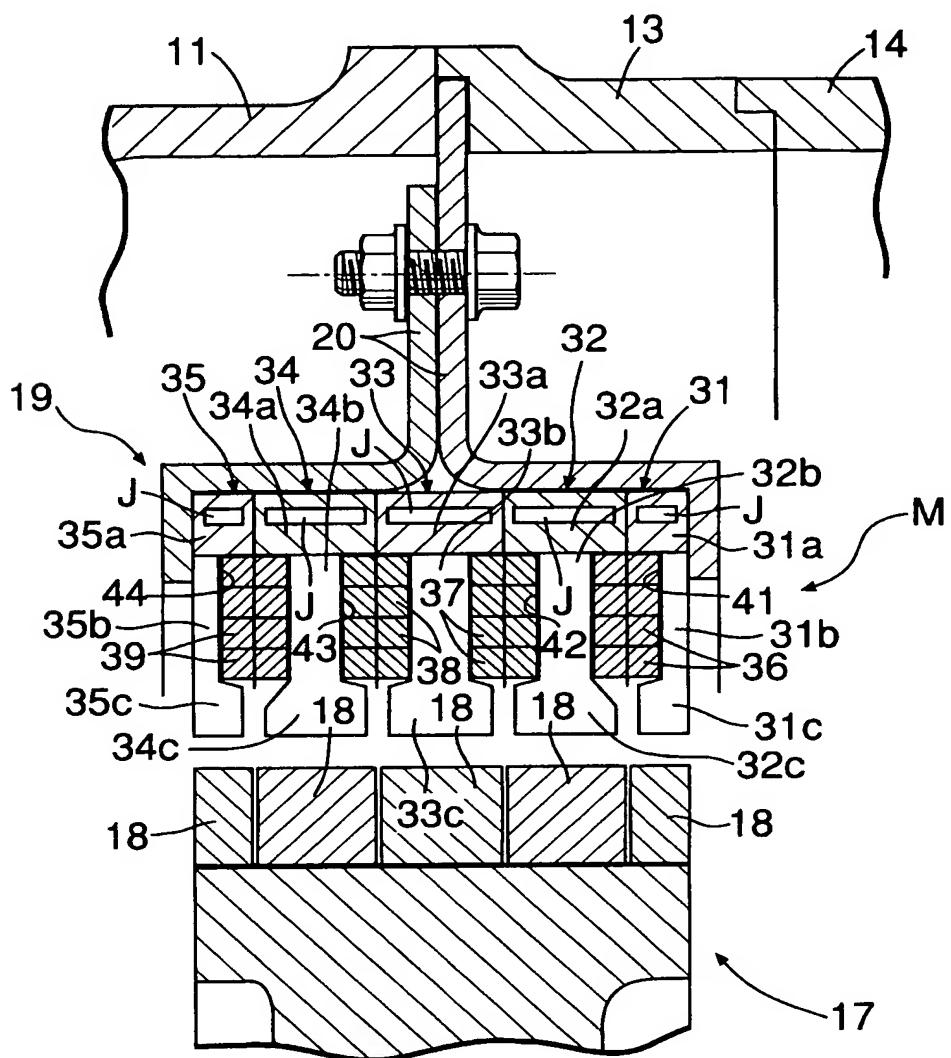
[図18]



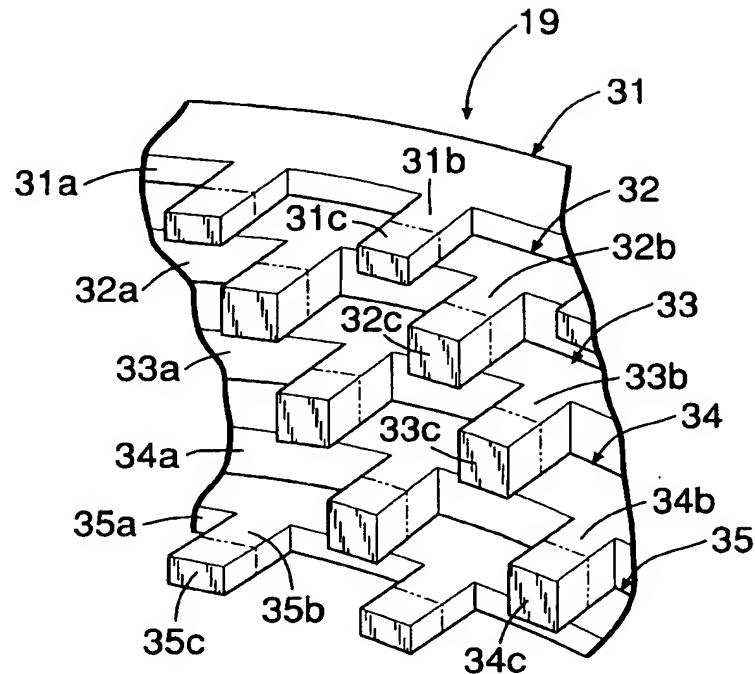
[図19]



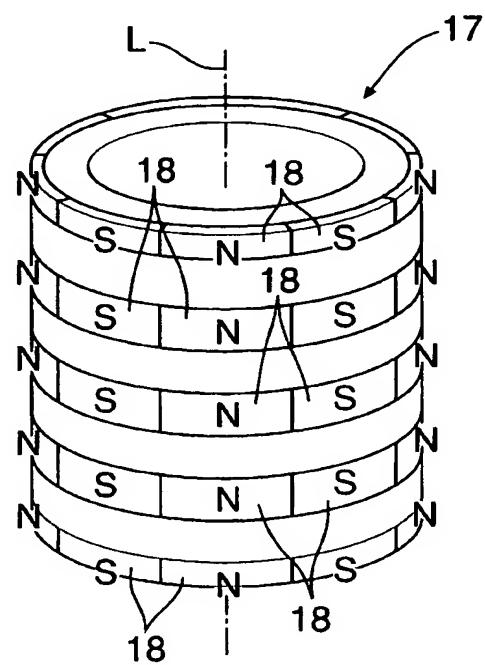
[FIG20]



[図21A]

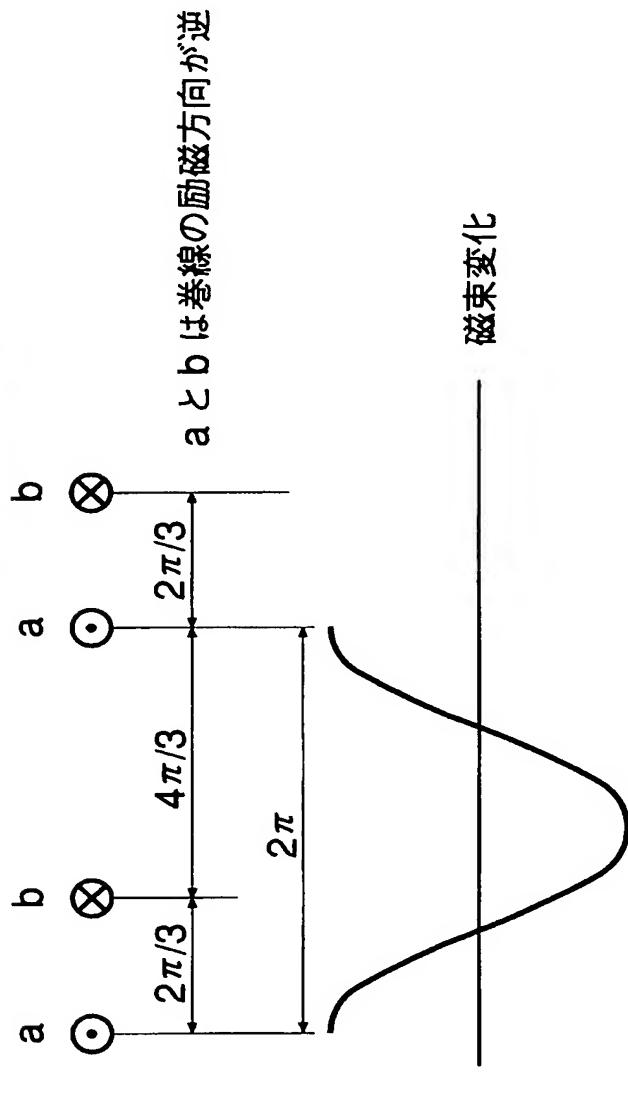


[図21B]

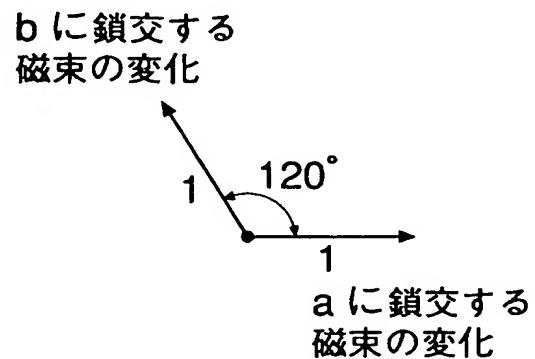


[図22]

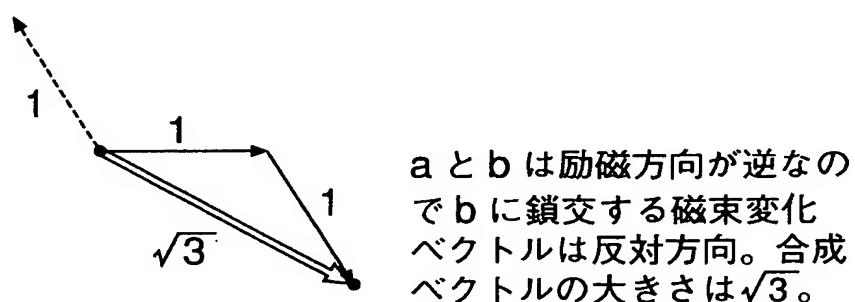
短節集中巻(突極集中巻)の場合の巻線分布



[図23A]

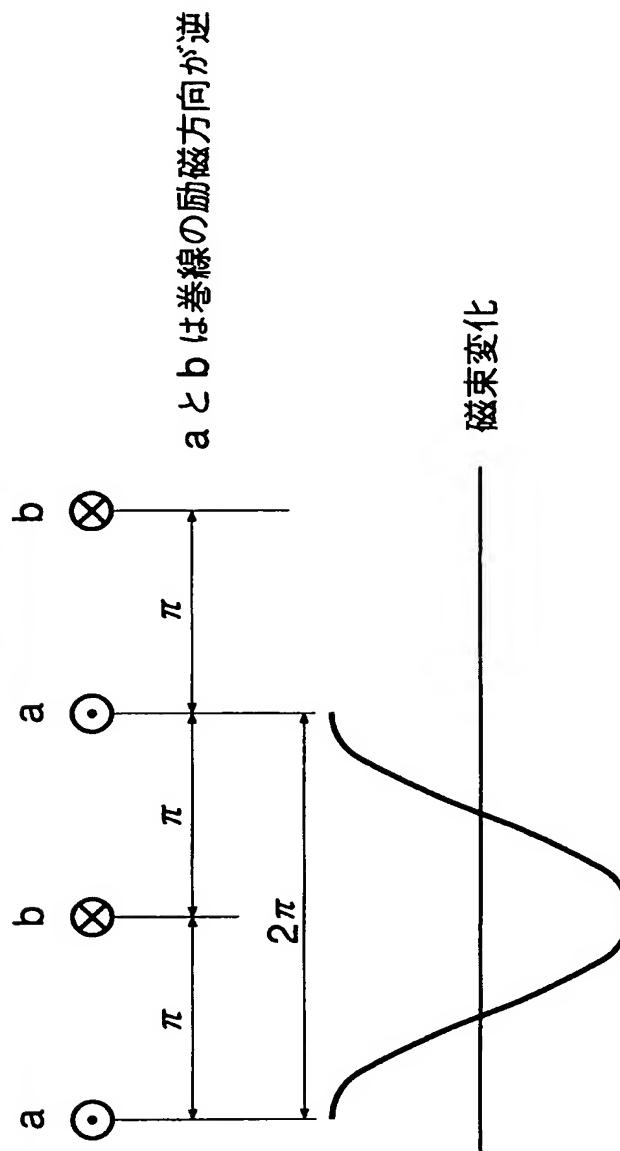


[図23B]

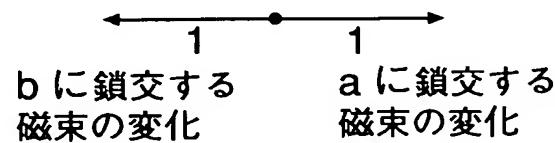


[図24]

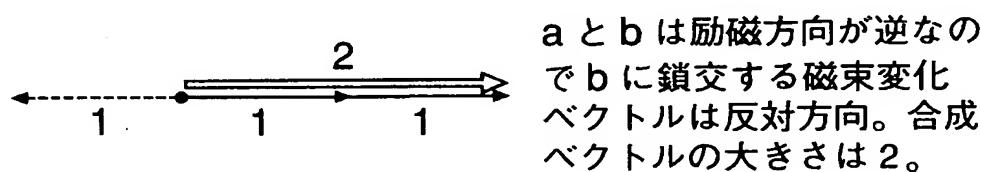
全節集中巻(波巻)の場合の巻線分布



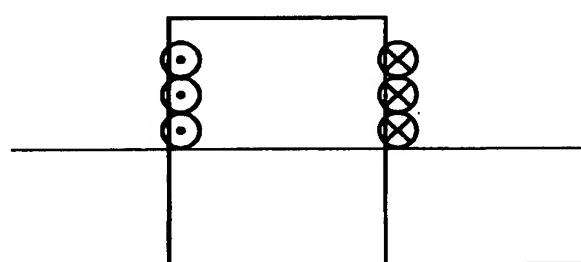
[図25A]



[図25B]

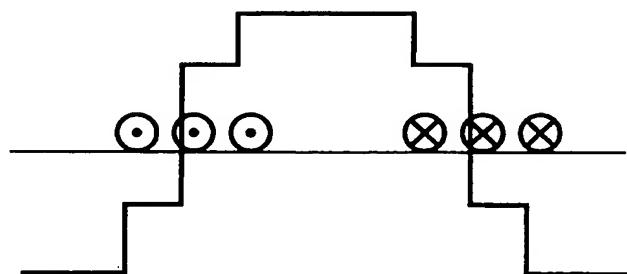


[図26A]



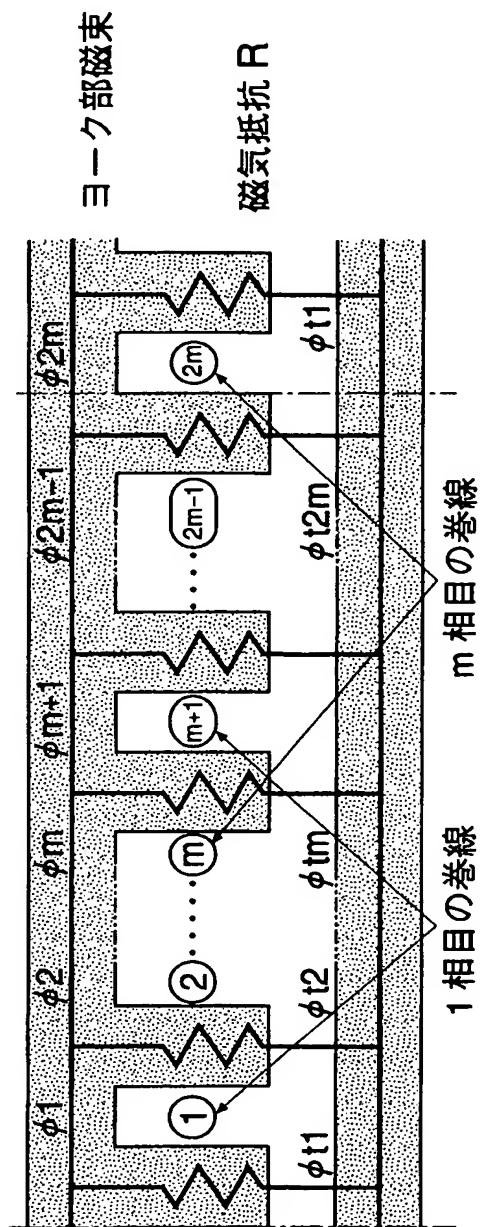
集中巻の起磁力分布

[図]26B]

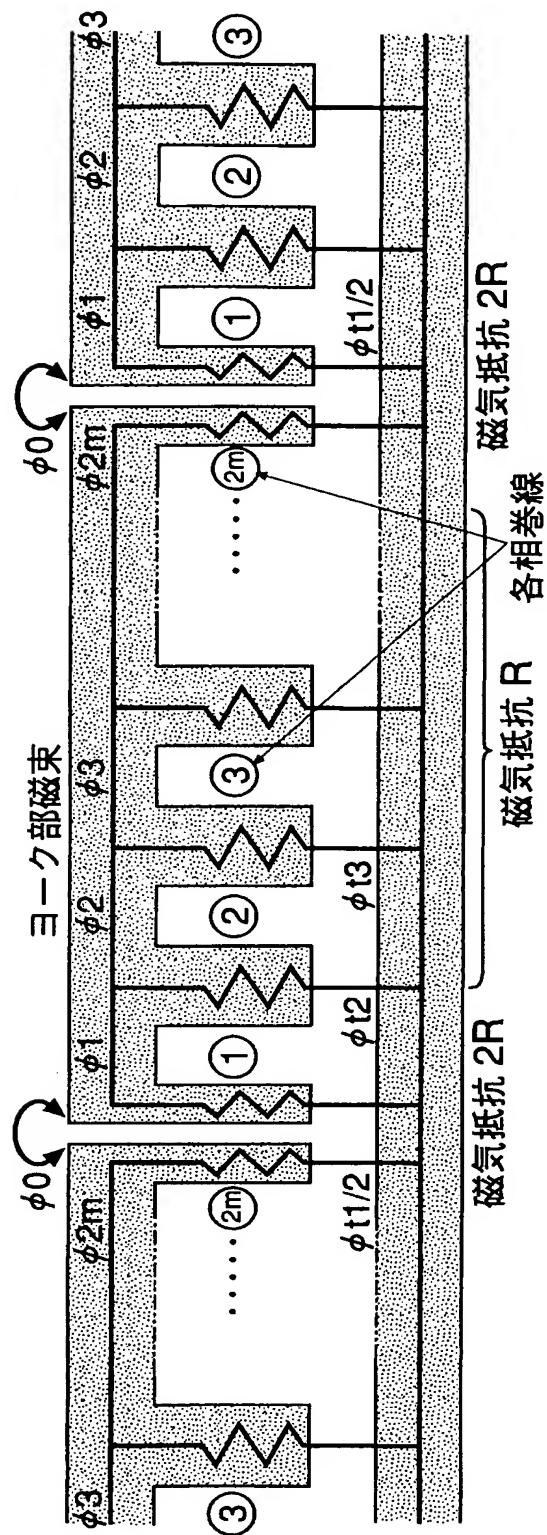


分布巻の起磁力分布

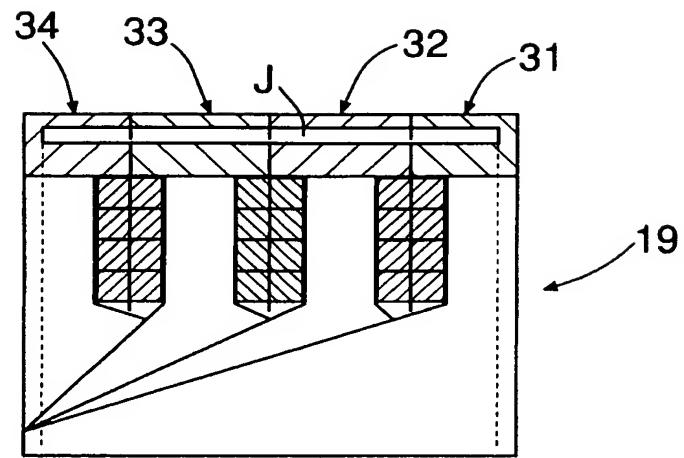
[図27A]



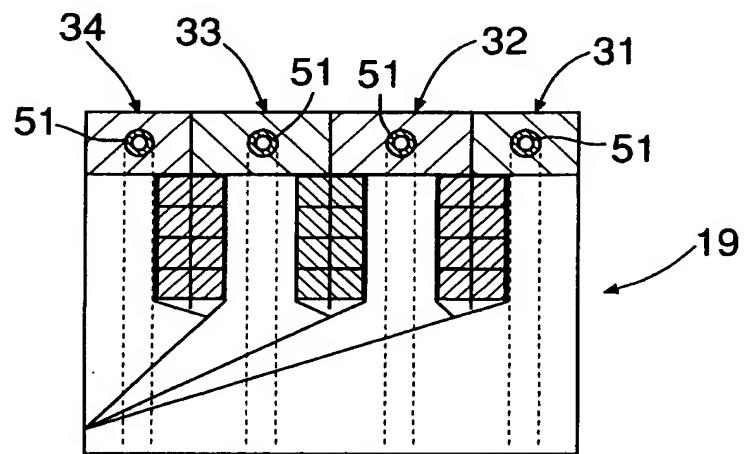
[図27B]



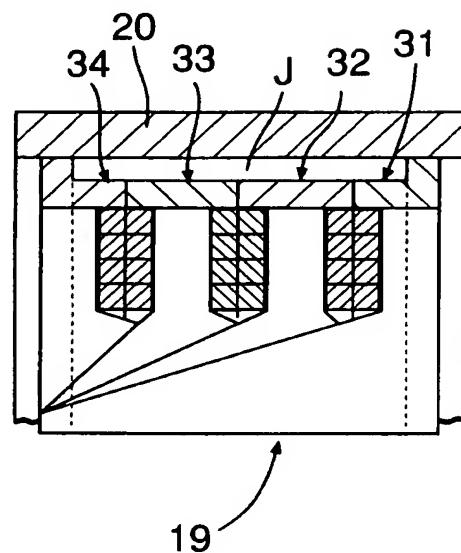
[図28A]



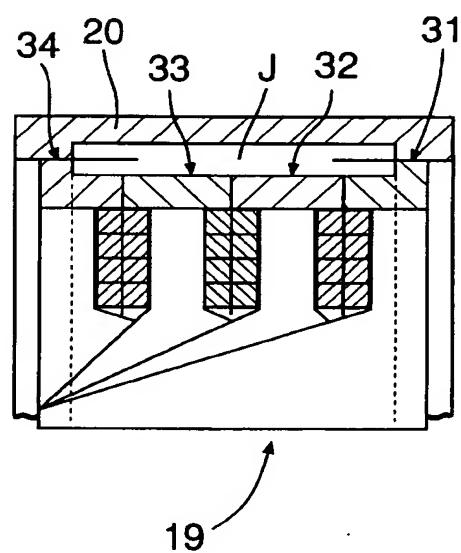
[図28B]



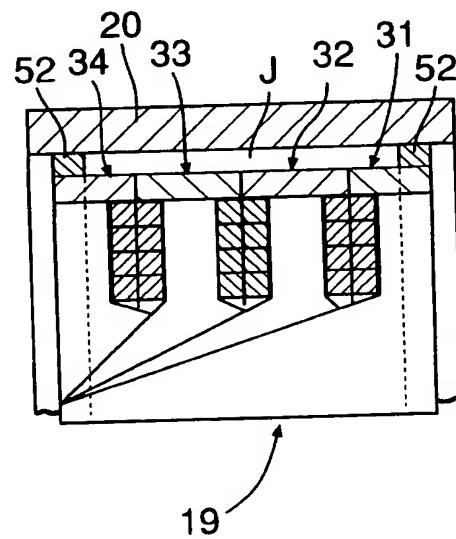
[図29A]



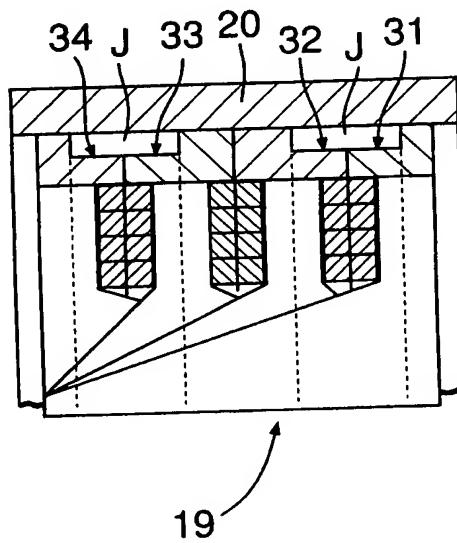
[図29B]



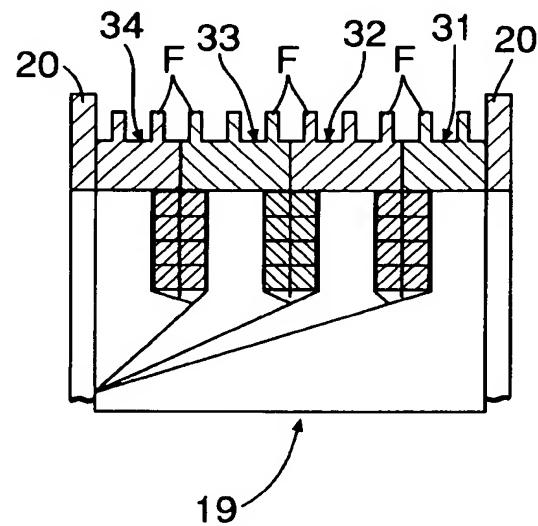
[図29C]



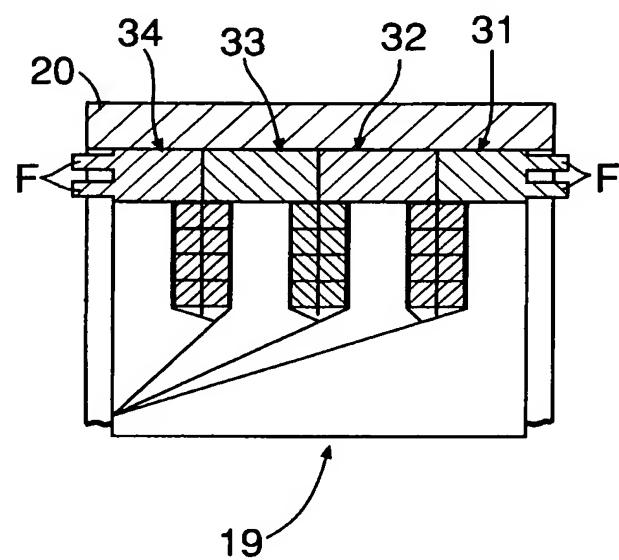
[図29D]



[図30A]



[図30B]



[FIG]30C

